Elektronica en Telecommunicatie 2

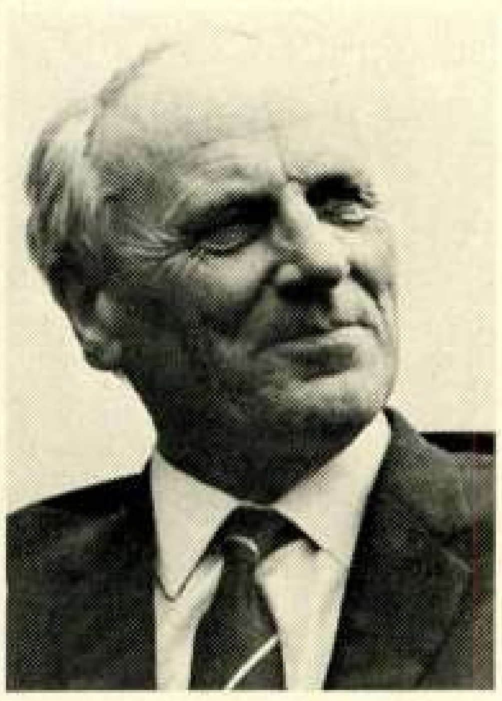
Gemeenschappelijke publikatie van de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. en het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap.
Redactie-adres: Prinsessegracht 23, Den Haag.

Vijftig jaar N.E.R.G. - Vijftig jaar Radio-omroep

Het is niet geheel toevallig, dat de viering van het 50-jarig bestaan van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap en de herdenking van 50 jaren Radio-omroep in Nederland in de tijd gezien niet ver uiteen plaatshadden. De vorderingen van de techniek bepalen enerzijds, welke toepassingen mogelijk worden, anderzijds kan men deze vorderingen zien als vruchten, gerijpt aan de boom der wetenschappelijke kennis.

De redactie heeft gemeend op adequate wijze aandacht te schenken aan deze verheugende symbiose, door lezingen, gewijd aan een terugblik op de wetenschappelijke ontwikkeling van de radio in Nederland en op de ontwikkeling van de omroeptechniek in het bijzonder, in *één* aflevering van Elektronica en Telecommunicatie te bundelen. In een terugblik op de afgelopen 50 jaren kan men duidelijk momenten onderkennen, waarop van de maatschappelijk gevonden toepassingen van de radiotechniek en elektronica een stimulans uitging tot hernieuwd technisch onderzoek om de kwaliteit en betrouwbaarheid van het bereikte te verbeteren, evenals momenten, waarop nieuwe technische ontwikkelingen, bijvoorbeeld de stereofonie, nieuwe toepassingen van de radio in het maatschappelijk bestel heeft doen ontstaan.

De redactie.



Beschouwingen over 50 jaar elektronica- en radiowetenschap in het bijzonder in Nederland

door **prof. dr. ir. B. D. H. Tellegen,** oud-hoogleraar T.H. Delft

Het is mij een grote eer en een groot genoegen ter gelegenheid van het vijftigjarig jubileum van ons Genootschap U te mogen toespreken. Ik wil beginnen met het Bestuur en de Leden van het Genootschap, mijzelf inbegrepen, van harte geluk te wensen met dit jubileum. Er is mij gevraagd een en ander te willen zeggen over de wetenschappelijke tendensen en hun onderlinge samenhang gedurende de afgelopen 50 jaar in het gebied dat door het NERG wordt bestreken. Hoewel ik het grootste deel van deze periode actief heb meegemaakt, ben ik vanzelfsprekend met bepaalde facetten van het betreffende wetenschappelijke werk veel sterker in aanraking gekomen dan met andere. Ik heb er daarom niet naar gestreefd tot een zo volledig en objectief mogelijk overzicht te komen, wat ook niet wel doenlijk zou zijn geweest, doch ik heb bewust een subjectief verslag geschreven, in de hoop dat dit ertoe moge bijdragen zaken naar voren te brengen die Uw belangstelling opwekken. Het woord 'Beschouwingen' in

Rede uitgesproken t.g.v. de viering van het 50-jarig jubileum van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap op 1 oktober 1970. (Bij het uitspreken werden in verband met de toegemeten tijd enkele passages uit deze tekst weggelaten.)

de titel van mijn voordracht heeft de bedoeling dit tot uitdrukking te brengen. Voorts zijn wetenschap en techniek niet streng te scheiden, zodat ik aan het woord wetenschap uit de titel een ruime betekenis zal geven. Ik zal trachten in vogelvlucht het gebied te overzien, waarbij ik de aandacht meer op de eerste 25 jaar zal richten dan op de meer recente onderzoekingen. Het zal in veel opzichten neerkomen op het samen oproepen van herinneringen.

Velen, ook in Nederland, hebben aan de betreffende onderzoekingen en ontwikkelingen deelgenomen. Hoewel het noemen van namen steeds een wat hachelijke zaak is, zal ik toch veel namen vermelden, in de hoop dat dit tot verlevendiging van het betoog zal bijdragen. Ik ben er mij van bewust dat ook hier subjectieve oordelen een grote rol spelen. Ik wil bij voorbaat mijn verontschuldigingen aanbieden voor de omissies die ik in dit opzicht onvermijdelijk zal maken.

Stand in 1920

Om de wetenschappelijke ontwikkeling gedurende de beschouwde periode te kunnen beschrijven, moeten wij beginnen het beeld op te roepen van de stand van de betreffende wetenschap en techniek bij het begin van die periode, dus omstreeks het jaar 1920. De radiotelegrafie had toen al een vaste plaats veroverd, in het bijzonder ten behoeve van de scheepvaart. Daar werden veelal vonkzenders gebruikt, die een reeks van gedempte hoogfrequente trillingen uitzonden. Men streefde ernaar ongedempte trillingen op te wekken. Voor telegrafie zou dit tot verbeterde overdracht leiden en tot beperking van de breedte van de gebruikte frequentieband. Om radiotelefonie te kunnen bedrijven zijn ongedempte golven een noodzakelijke voorwaarde. Dat het werken met ongedempte golven als iets bijzonders werd beschouwd, blijkt wel uit de aparte naam die daaraan werd gegeven, nl. die van 'continuous waves', afgekort tot 'c.w.'. Dit kon, met een behoorlijk vermogen, aanvankelijk alleen worden bereikt met behulp van boogzenders, waarin in een boogontlading trillingen konden ontstaan, en met machinezenders, waarin de sterkstroomdynamo's zo waren veranderd dat de opgewekte frequentie zo hoog mogelijk werd. Ook werd frequentievermenigvuldiging toegepast, met behulp van magnetische materialen met een niet-lineaire karakteristiek. De radiobuis was vóór de eerste wereldoorlog uitgevonden en de oorlog droeg ertoe bij de ontwikkeling te versnellen, waardoor er in de militaire luchtvaart gebruik van werd gemaakt. Toch was in 1920 het gebruik nog zeer bescheiden. Veel ontvangers bestonden alleen uit een variabele antennespoel met condensator, een detector en een koptelefoon. Als detector werden kristallen gebruikt en later de Fleming-dioden.

De voortplanting van radiogolven rond de aarde had ook aandacht gekregen. Na de proeven van *Marconi* in 1901, waarbij de Atlantische Oceaan werd overbrugd, was de vraag opgeworpen hoe het mogelijk was dat radiogolven de kromming van de aarde konden volgen. Kon dit door buiging alleen worden verklaard of moesten andere oorzaken aanwezig zijn? *Kennelly* en *Heaviside* spraken reeds in 1902 het vermoeden uit dat buiging niet voldoende was en dat in de atmosfeer een geleidende laag bestond, die de voortplanting van de golven bevorderde. Om meer zekerheid hierover te krijgen, was het nodig de buiging van radiogolven rond een bol nauwkeurig te berekenen. *Watson* had dit probleem in 1918 onderzocht voor een volkomen isolerende atmosfeer en een oneindig geleidende aarde, wat voor de gebruikte lange golven een aanvaardbare benadering was. *Van der Pol* bouwde in 1920 hierop voort en toonde aan dat in een aantal gevallen, waarbij de afstand tussen zender en ontvanger ongeveer 10 000 km bedroeg, de uit buiging berekende waarden van de veldsterkte bij de ontvanger rond 10 000 maal zwakker waren dan de waargenomen waarden. Daarmee was wel definitief aangetoond dat buiging alleen niet voldoende was om de waarnemingen te verklaren. Toch zou het probleem van de buiging rond een bol de gemoederen ook later nog bezighouden, waarop ik straks zal terugkomen.

Elektronenbuizen

Na de eerste wereldoorlog was het duidelijk dat ontplooiing van de radiotechniek in de eerste plaats eiste verdere ontwikkeling en produktie van radiobuizen. Dit gaf aanleiding tot veel problemen.

Voor de kathoden werd aanvankelijk wolfraam gebruikt, dat op een zo hoge temperatuur moest worden gebracht dat het licht gaf. Wegens de verwantschap in technologisch opzicht tussen gloeilampen en de eerste radiobuizen werden deze aanvankelijk radiolampen genoemd. Gezocht werd naar materialen welke bij een gegeven, aan de kathode toegevoerd, verwarmingsvermogen een zo groot mogelijke stroom konden emitteren, uitgedrukt in mA per watt. De oxydkathoden, met bariumoxyde en verwante stoffen, bleken al spoedig een grote verbetering te kunnen brengen, doch de volledige wetenschappelijke en technische beheersing van deze kathoden is steeds moeilijk gebleven. Interessant is het misschien een poging in een andere richting te vermelden. In 1921 werd door *Hevesy* in Kopenhagen het element hafnium ontdekt. Uit de ligging in het periodiek systeem van elementen was bij *Holst* de hoop ontstaan dat hafnium voor een aantal toepassingen wolfraam in bruikbaarheid zou overtreffen. Onderzoekingen leidden tot het afscheiden van hafnium in metaalvorm, doch de hoop ging niet in vervulling. Wel kwamen uit dit onderzoek afscheidingsmethoden voor metalen voort, die later van nut bleken voor het afscheiden van o.a. zirkoon en titaan (*J. H. de Boer* en *J. D. Fast*). Bij de verwarming van kathoden met wisselstroom trad het verschijnsel van brom op, vooral in de detector, hetgeen leidde tot invoeren van indirectverhitte kathoden. Een tweede taak bij de vervaardiging van radiobuizen was het bereiken van een voldoende hoog vacuüm, waaraan hogere eisen werden gesteld dan aan het vacuüm voor gloeilampen. Ik zal daar niet verder op in gaan.

Bij de trioden moesten de karakteristieken worden berekend. Het was in 1920 reeds duidelijk dat het voor het gebruik ging om de waarde van steilheid en van de versterkingsfactor. De taak was deze uit de afmetingen van de trioden te berekenen. De grootte van de steilheid volgde uit onderzoekingen van *Child* (1911) en *Langmuir* (1913), die aantoonden dat in een diode de stroom evenredig is met de 3/2-macht van de anodespanning als gevolg van de tussen kathode en anode optredende ruimtelading. Het berekenen van de versterkingsfactor leidde tot een elektrostatisch veldprobleem, dat voor eenvoudige gevallen na invoering van een aantal benaderingen door *Abraham* en *Von Laue* (1919) was opgelost. *Elias* (1923) slaagde er in dit probleem op te lossen voor een cilindrische opbouw waarbij het rooster gedacht werd uit een aantal equidistante ringen te bestaan. Het was niet moeilijk dit uit te breiden tot een schroefrooster.

Om tot grotere steilheden en versterkingsfactoren te kunnen komen, was reeds voorgesteld, o.a. door *Schottky* (1919), om buizen met twee roosters te maken. Daarbij kon het eerste rooster, gerekend van de kathode af, als stuurrooster fungeren waaraan het signaal werd toegevoerd, en het tweede als schermrooster, waardoor een grote versterkingsfactor werd bereikt. Ook kon het eerste rooster als zgn. ruimteladingsrooster worden gebruikt, met het doel de invloed van de ruimtelading rond de

kathode te compenseren en zo de steilheid te vergroten, terwijl het tweede rooster als stuurrooster dienst deed. Deze tweede soort heeft, in tegenstelling tot de eerste soort, geen grote ontwikkeling gekregen. Voor het opwekken van grote hoogfrequente vermogens ontstonden trioden waarvan de anode de buitenzijde vormde, die met water kon worden gekoeld. De constructie daarvan berustte op de mogelijkheid om metalen aan glas te verbinden, in het bijzonder chroomijzer.

Schakelingen en speciale buizen

Naast de buizen vergden de schakelingen, waarvan de buizen het actieve element vormden, een terrein van onderzoek. Het ging daarbij in de eerste plaats om versterkerschakelingen, zowel hoogfrequent als laagfrequent en middenfrequent, waarbij de signalen veelal als klein konden worden beschouwd, zodat de buisvergelijkingen goed door lineaire verbanden tussen de signaalstromen en -spanningen konden worden benaderd. Bij de zgn. eindbuis, die signaalvermogen aan de luidspreker moest afgeven, lagen de problemen anders en moest worden gelet op de beperktheid van de karakteristiekdelen die bij benadering als recht konden worden beschouwd. Voorts ging het om detectie, met trioden of dioden, om oscillatoren en om frequentietranspositie, nodig voor het reeds in 1919 door *Armstrong* aangegeven principe van de superheterodyne ontvangst.

Naast een grote versterking per trap ging het bij hoog- en middenfrequentversterkers om het bereiken van een voldoende selectiviteit, met als ideaal een rechthoekige resonantiekromme die de draaggolf met beide zijbanden gelijkmatig versterkte en daarbuiten de signalen zo sterk mogelijk onderdrukte. Daartoe werden uitvoerige studies gemaakt van stelsels met twee gekoppelde trillingskringen, doorgaans aangeduid als bandfilters. Ter bereiking van voldoende selectiviteit was het van groot belang spoelen met kleine verliezen te construeren. De weg daartoe werd gewezen door *Butterworth*, die in staat was de verliezen te berekenen. Hierop voortbouwend slaagde *Rinia* erin bruikbare verliesarme spoelen, in bussen, te construeren. Voor laagfrequentversterkers was de zorg te komen tot een voldoend brede frequentieband, die zo gelijkmatig mogelijk moest worden versterkt.

Uit al deze onderzoekingen kwamen verschillende wensen te voorschijn voor de buizen. Bij hoogfrequent- en middenfrequentversterking bleek dat het bereiken van een grote versterking per trap belemmerd werd door de rooster-anodecapaciteit van de buizen, die een terugkoppeling van de anode- naar de roosterketen meebracht, waardoor instabiliteiten konden ontstaan. Dit gaf aanleiding tot het ontstaan van schermroosterbuizen waarbij het schermrooster en de verdere constructie zo werd uitgevoerd dat de rooster-anodecapaciteit werd beperkt tot waarden van enkele duizendsten pF. Zulke buizen, waarvan het principe in 1923 door *Hull* in de Verenigde Staten met laboratoriummodellen was aangegeven, werden door *Posthumus* (1926) nader uitgewerkt. Bij de eindbuizen werd, merkwaardig genoeg, het probleem gesteld hoe met een gegeven anodegelijkspanning het maximale signaalvermogen kon worden bereikt, terwijl over het nuttige effect, de verhouding tussen afgegeven signaalvermogen en toegevoerd gelijkstroomvermogen, weinig werd gesproken. Dit leidde ertoe de triode een zo laag mogelijke inwendige weerstand te geven, dus een lage versterkingsfactor. Ook als eindbuis bleek een schermroosterbuis, niettegenstaande de hoge inwendige weerstand, grote voordelen t.o.v. de triode in het uitzicht te stellen. Daarbij bleek de secondaire emissie van de anode naar het schermrooster parten te spelen. De invloed van secondaire emissie kon worden tegengegaan door tussen schermrooster en anode een derde rooster aan te brengen dat met de kathode werd verbonden, waardoor de secondaire elektronen werden afgeremd. Door toevoeging van dit zgn. remrooster ontstond in 1926 de penthode. Naderhand zijn ook schermroosterbuizen voor hoog- en middenfrequentversterking van remroosters voorzien, en dus tot penthoden gemaakt, waarmee bereikt werd dat deze grotere signalen konden verwerken en de inwendige weerstand werd verhoogd. Terwille van frequentietranspositie ontstonden de zgn. mengbuizen, die de oscillatorfunctie en de frequentietranspositie verenigden, in het bijzonder de octode (*Jonker*).

Om de vervorming van de signalen tegen te gaan kwam *Posthumus* in 1928 met het voorstel tegenkoppeling toe te passen. De gedachte was, een deel van het vervormde uitgangssignaal te vergelijken met het ingangssignaal en het verschil aan de ingang toe te voeren om de vervorming te compenseren. Dat was een zeer verrassend voorstel, daar de versterking hierdoor belangrijk werd verminderd. Allerwegen streefde men ernaar een grote versterking per trap te bereiken; versterken was immers het hoofddoel. Het was dus tegen de gangbare gedachten in om voor te stellen een deel van die kostbare versterking op te offeren om andere voordelen te bereiken. Geleidelijk is tegenkoppeling, die tegelijkertijd door *Black* in de Verenigde Staten was voorgesteld, tot een onmisbaar instrument in de elektronica geworden. Veel later ontdekten regeltechnici dat de tegenkoppeltheorie ook op hun problemen van toepassing was.

Elektro-akoestiek

Ook de elektro-akoestiek kwam tot ontwikkeling. Microfoons en telefoons waren uit de gewone telefonie reeds lang bekend, doch deze moesten geschikt worden gemaakt voor de veel hogere eisen die de spraak- en muziekoverdracht via de opkomende radio-omroep stelde. Dit bracht mee het opstellen van geheel elektrische vervangingsschema's voor luidsprekers. Het was reeds gebruikelijk over elektromechanische analogieën te spreken, waarbij een elektrische stroom analoog werd gedacht aan een mechanische snelheid, een elektrische spanning aan een kracht, een zelfinductie aan een massa, een capaciteit aan een elasticiteit. Bij elektromagnetische en elektrodynamische systemen, in het algemeen bij elektro-mechanische systemen waarbij een permanent magnetisch veld essentieel is, bleek het echter noodzakelijk de tegengestelde analogie te gebruiken, waarbij aan een snelheid een spanning analoog werd gesteld en aan een massa een capaciteit. Bij de elektrostatische systemen, zoals een condensatormicrofoon, moest met de oorspronkelijke analogie worden gewerkt. Wij kunnen dit resultaat thans ook anders formuleren. Bij gebruik van de oude analogie moet in de vervangingsschema's van magnetische systemen een gyrator worden ingevoerd. Bij gebruik van de andere analogie is dit bij elektrostatische systemen nodig.

Ruimtelijke weergave van muziek werd uitvoerig onderzocht, o.a. de eisen voor stereofonische geluidsweergave (*K. de Boer*, 1939). Een systeem voor kunstmatige nagalm werd ontwikkeld (*Vermeulen* en *Kleis*, 1953).

Materialen

De ontwikkeling van de componenten van de elektronische systemen leidde tot allerlei materiaalproblemen. Permanente magneten werden gebruikt in luidsprekers. Het onderzoek van magneetstaal leidde in de loop der jaren tot grote vooruitgang. Men kan zeggen dat de grootheid die een magneetstaal kenmerkt,

de zgn. (BH) max., in de afgelopen 50 jaar rond 20 maal zo groot is geworden.

Een andere wens was ferromagnetisch materiaal te kunnen gebruiken in spoelen voor hoge frequenties. De wervelstromen versperden hier de weg. Men trachtte deze te overwinnen door de spoelkernen op te bouwen uit zeer dun gelamelleerd materiaal of uit fijn poeder, waarbij de lamellen en de poederkorrels uiteraard van elkaar geïsoleerd moeten zijn. Hoewel hiermee bepaalde resultaten werden bereikt, kwam het probleem pas echt tot oplossing toen in 1947 ferromagnetische isolatoren, de ferrieten, verschenen, ontwikkeld door *Snoek*.

Het was de ontwikkeling van de golfmechanica, die rond 1930 begon, welke het onderzoek van de vaste stof pas goed mogelijk maakte. Dit was vooral van belang voor het onderzoek van halfgeleiders dat in 1948 leidde tot het ontstaan van de transistor. Ik zal daar verder niet op in gaan.

Netwerktheorie

Het onderzoek van al deze problemen deed de wens ontstaan de algemene theorie van de betreffende systemen verder te ontwikkelen. De eenvoudigste systemen zijn de netwerken opgebouwd uit weerstanden, spoelen en condensatoren. Zulke stelsels werden niet alleen gebruikt in de radiotechniek doch ook in de oudere telefonie. Ook vandaar uit ontstond belangstelling, o.a. in verband met de elektrische filters, waarvoor de grondslagen reeds in 1915 door *Campbell* in de Verenigde Staten en *Wagner* in Duitsland waren gelegd.

De basis voor de berekening van netwerken was reeds lang bekend: de wetten van Kirchhoff, het gebruik van complexe grootheden. Aanvankelijk werd, terwille van de energietechniek, voornamelijk aan een enkele vaste frequentie gedacht; thans werd de frequentieafhankelijkheid van essentieel belang. Dit leidde er toe de frequentieparameter, eerst steeds imaginair gedacht als $j\omega$, te beschouwen als een complexe grootheid. Daarmee konden beschouwingen uit de theorie van complexe functies toegepast worden op netwerkfuncties.

In de techniek gaat het echter niet alleen om van gegeven systemen de eigenschappen te berekenen. Veelal is de probleemstelling de omgekeerde: de gewenste eigenschappen worden gegeven en het systeem wordt gevraagd. De tegenstelling tussen deze doelstellingen wordt aangegeven door de woorden netwerkanalyse en netwerksynthese. Doordat het ging om systemen die wiskundig op zeer eenvoudige wijze kunnen worden beschreven, nl. met behulp van lineaire differentiaalvergelijkingen met constante coëfficiënten, konden de vraagstellingen van de synthese goed tot ontplooiing komen. Ik herinner me nog goed het artikel van *Cauer* in 1926 in het Archiv für Elektrotechnik met de titel: 'Die Verwirklichung von Wechselstromwiderständen vorgeschriebener Frequenzabhängigkeit'. De synthesevraag komt hier duidelijk naar voren. Cauer loste het gestelde probleem niet volledig op. Hij beperkte zich tot het belangrijke bijzondere geval van slechts twee soorten elementen: L's en C's, L's en R's, of C's en R's. Belangrijker nog was de duidelijke formulering van een probleem van netwerksynthese, zoals het voordien, voor zover mij bekend, nog niet was gedaan. De volledige oplossing van het door Cauer gestelde probleem gaf *Brune* in 1931. Brune voerde het belangrijke begrip 'positieve functie' in, een complexe functie waarvan het reële deel positief is, als het reële deel van de onafhankelijk veranderlijke – bij netwerken de *frequentieparameter* – positief is. Met behulp hiervan kon eerst het syntheseprobleem voor éénpoorten worden opgelost, wat later tot netwerken met een willekeurig aantal poorten kon worden uitgebreid.

De synthesevraagstelling deed ook het begrip 'black box' ontstaan, als een systeem voorzien van poorten (of afzonderlijke klemmen) dat gekarakteriseerd wordt door verbanden tussen de stromen en spanningen aan de poorten, zonder dat over het inwendige uitsluitsel wordt gegeven. Bij het syntheseprobleem gaat het niet alleen om het opsporen van netwerken die aan gegeven technische eisen voldoen, doch eveneens om een poging te komen tot een volledig arsenaal van mogelijke black boxen bij een gegeven, op een of andere wijze gekarakteriseerde, ingewikkeldheid daarvan. Het zo geziene synthese- en arsenaalprobleem is geen direct technisch probleem. Dat het het eerst bij de beschouwde lineaire netwerken zo duidelijk naar voren kwam, ligt in de eenvoud van de wiskundige kenmerking daarvan. Het syntheseprobleem is echter overal van belang waar het gaat om het onderzoek van een klasse van systemen gekenmerkt door bepaalde eigenschappen. Algemeen mag worden gezegd dat de theorie van zulke systemen pas dan volledig is, indien niet alleen het analyseprobleem, het berekenen van de eigenschappen van een gegeven systeem, doch ook het synthese- en arsenaalprobleem is opgelost, wat tot een volledig overzicht zou moeten voeren van de mogelijke systemen van de beschouwde soort. Voor vele klassen van systemen zal dit probleem moeilijk kunnen worden opgelost, doch het lijkt al van veel belang de probleemstelling te onderkennen.

De tot nu toe beschouwde netwerken bestaande uit weerstanden, spoelen en condensatoren vertonen alle de eigenschap die met reciprociteit wordt aangeduid. Het betreffende gebied kon tot netwerken, waaraan niet deze eis wordt gesteld, worden uitgebreid door toevoeging van de *gyrator* (1948). Dit is een tweepoort waarbij de spanning op een poort evenredig is met de stroom door de andere poort. Het ontstaan van dit begrip was bevorderd door de beschouwingen over vervangingsschema's van elektromechanische omzetters, waarover reeds werd gesproken. Bij microgolven kan de gyrator worden gerealiseerd met behulp van het gyromagnetische effect in ferriet, doch er zijn ook andere middelen.

Naast de zo juist beschouwde, passief genoemde, lineaire systemen werden natuurlijk ook de actieve lineaire systemen, in het bijzonder systemen die versterkbuizen of negatieve weerstanden bevatten, onderzocht, van belang voor versterkers en oscillatoren. Hier kwamen vragen over stabiliteit naar voren. *Nyquist* ontwikkelde in 1932 een stabiliteitscriterium dat in het bijzonder van belang is bij tegengekoppelde versterkers. Eveneens werden onderzocht de lineaire systemen gekenmerkt door vergelijkingen waarvan de coëfficiënten van de tijd afhangen, in het bijzonder periodieke functies van de tijd, van belang voor frequentietranspositie. Door reactanties door een uitwendige oorzaak periodiek in grootte te variëren is versterking te bereiken, de zogenaamde parametrische versterking. *Stieltjes* liet zien (1946) hoe de complexe rekenwijze kan worden toegepast op systemen met frequentietranspositie.

De vermelde systemen zijn alleen lineair als men kleine trillingen beschouwt. Indien men de elementen waaruit deze systemen zijn opgebouwd, op zich zelf beschouwt, zijn deze passief en tijdsonafhankelijk, want de energiebronnen en de oorzaak van de veranderingen van de parameters in de tijd vormen geen eigenschappen van deze elementen zelf, doch worden uitwendig aangebracht, in de vorm van gelijk- en wisselspanningen. Het essentiële van deze elementen is hun niet-lineaire karakteristiek en zij gedragen zich slechts bij benadering als lineaire elementen, als de signalen klein zijn. Zo gezien gaat het dus naast de passieve, tijdsonafhankelijke, lineaire systemen uitsluitend om de passieve, tijdsonafhankelijke, niet-lineaire systemen. Zoals *Van der Pol* eens opmerkte, is niet-lineariteit niet zozeer een eigenschap

als wel het *ontbreken* van een eigenschap. Het is dit ontbreken, en het daardoor wegvallen van het beginsel van superpositie, dat de berekening zo moeilijk maakt. Ieder niet-lineair systeem moet op zichzelf worden onderzocht; algemene eigenschappen zijn er weinige. Toch zijn niet-lineaire systemen ook voor de radiotechniek van veel belang, o.a. voor detectie en voor *oscillatie*. Van der Pol heeft veel werk verricht op het gebied van oscillatoren, zoals uit de eerste jaargangen van het tijdschrift van het genootschap blijkt. Deze betreffen de amplitude van opgewekte trillingen, trillingshysteresis bij systemen met twee graden van vrijheid, het onderdrukken van de vrije trilling door een gedwongen trilling. Het belangrijkste was het onderzoek van wat Van der Pol relaxatietrillingen noemde (1926). Deze gaven aanleiding tot wat sindsdien de Van der Pol-vergelijking heet, een differentiaalvergelijking van de tweede orde met een niet-lineaire dempingsterm. Afhankelijk van de grootte van deze term hebben de door de vergelijking beschreven trillingen een sinusvormig of een blokvormig karakter, met ertussen een continue overgang.

Pogingen tot synthese van niet-lineaire systemen leidden *Duinker* er toe twee typen ideale niet-lineaire netwerkelementen voor te stellen, door hem traditor en conjuctor genoemd (1959, 1962). Dit zijn verliesvrije driepoorten, welke in principe kunnen worden gerealiseerd met behulp van gyratoren waarvan via een derde poort het magneetveld kan worden beïnvloed.

Voortplanting van radiogolven

Ook de voortplanting van radiogolven werd na 1920 verder onderzocht. De toen bekende feiten wezen uit dat het voor het overbruggen van grote afstanden gunstig was een zo groot mogelijke golflengte toe te passen, en zo werden voor de radiotelegrafie golflengten van 1500 m tot 10 000 m gebruikt. Voor de toen ontstane omroep was het niet mogelijk zich tot deze golflengten te beperken, en werden kortere golven, tot 200 m, toegepast. Het radio-amateurisme, dat tegelijk ontstond, moest uit deze gebieden worden geweerd en kreeg kortere golflengten, onder de 100 m, toegewezen, welke toen geen praktische betekenis hadden. Het was een volkomen verrassing toen het in 1924 de amateurs, en ook Marconi, gelukte in dit golflengtegebied met de kleine door hen gebruikte vermogens over de gehele aarde, tot de tegenvoeters toe, verbindingen tot stand te brengen.

De genoemde ontdekking bracht verhoogde belangstelling voor de door Kennelly en Heaviside vermoede geleidende laag in de atmosfeer mee. Het gelukte *Appleton* in 1926 als eerste het bestaan van zo'n laag rechtstreeks aan te tonen. Appleton zond signalen uit die op 100 km afstand werden ontvangen, en veranderde daarvan de frequentie. Hij vond zo een patroon dat zijn oorzaak had in de interferentie tussen een directe straal van zender naar ontvanger en een straal die via de Heaviside-laag werd ontvangen en dus een langere weg had afgelegd. Kort daarna zonden *Breit* en *Tuve* korte impulsen van hoogfrequente signalen uit en vonden dat twee impulsen werden ontvangen: een sterke afkomstig van de directe straal en een iets later ontvangen en zwakkere afkomstig van de gereflecteerde straal. Uit deze onderzoekingen volgde voor de laag een hoogte van ongeveer 80 km. Dit was in goede overeenstemming met door *Elias* uitgevoerde berekeningen, waarin deze de ionisatie onderzocht welke in de atmosfeer kan worden verwacht als gevolg van inwerking van de zon. De invloed van in de laag aanwezige vrije elektronen op de golfvoortplanting kan worden beschreven als een diëlektrische constante die kleiner dan één is. De genoemde onderzoekingen werden voortgezet voor allerlei golflengten, waarbij bleek dat er verschillende lagen kunnen worden onderscheiden. Op grond van al dit materiaal trachtte men o.a. de dichtheid van de vrije elektronen als functie van de hoogte af te leiden en zo tot een duidelijk beeld van de ionosfeer te komen. Hoe moeilijk het is op zo'n indirecte wijze tot juiste conclusies te komen, bleek na het verschijnen van satellieten. Daarmee was het mogelijk de betreffende grootheden als functie van de hoogte direct te meten. Ik herinner mij een voordracht in 1960 door *Ratcliffe* gehouden, getiteld: 'The layers in the ionosphere', waarin deze vermeldde dat de satellietmetingen noodzaakten de inzichten over de ionosfeer vrij drastisch te herzien. Pas achteraf had men gezien dat de van de aarde af gedane metingen wel aanwijzingen daarvoor hadden bevat, doch dat men daaruit toch niet tot geheel juiste conclusies had kunnen komen.

Een verschijnsel, dat in 1933 werd ontdekt, is dat radiogolven in de ionosfeer elkaar kunnen beïnvloeden. De vrije weglengte van de elektronen in de ionosfeer wordt gewijzigd bij aanwezigheid van een voldoend sterk hoogfrequent veld. Is dit veld gemoduleerd, dan wordt deze modulatie op de vrije weglengte overgedragen. Zo kan deze modulatie worden overgedragen op een andere golf die hetzelfde deel van de ionosfeer passeert.

Door het in gebruik komen van kortere golven was de interesse voor een oud probleem opnieuw gewekt, nl. dat van de buiging om de aarde. Bij deze golven mag de aarde niet meer als oneindig geleidend worden beschouwd, doch moet daaraan een eindig geleidingsvermogen en een bepaalde diëlektrische constante worden toegekend. *Van der Pol* en *Bremmer* slaagden er in 1937 in dit wiskundig moeilijke probleem op te lossen. De voortplanting van golven als gebruikt voor televisie, waarbij de ionosfeer geen rol speelt, kon daarmee goed worden voorspeld. Het bleek o.a. dat bij het overschrijden van de horizon geen plotselinge verzwakking van de signaalsterkte ontstaat. De theorie is ook van toepassing op het ontstaan van de regenboog. Uit de berekening volgt dat het licht van de regenboog gepolariseerd is, wat men voordien niet had opgemerkt en wat experimenteel werd bevestigd.

Communicatie en informatie

Naast alle genoemde meer fysische beschouwingen over de systemen gebruikt in zenders en ontvangers, en de voortplanting ertussen, zijn ook nadere onderzoekingen verricht over het eigenlijke doel van dit alles, nl. de communicatie, de overdracht van informatie. Daartoe is het nodig de hoogfrequente trillingen te moduleren. De meest toegepaste modulatiemethode is de amplitudemodulatie. Deze gaat gepaard met het ontstaan van zijbanden, waardoor een frequentiegebied in beslag wordt genomen ter breedte van het dubbele van de hoogste over te brengen signaalfrequentie. Al spoedig ontstond er 'gedrang in de ether'. Om onderlinge storing zoveel mogelijk te vermijden, was nodig dat de draaggolffrequenties goed constant werden gehouden, wat bereikt kon worden door de frequentie met behulp van kwartsoscillatoren te stabiliseren. Veel werk daarover werd door *Vormer* verricht. Om bandbreedte te sparen werd door *Koomans* voorgesteld slechts één zijband uit te zenden, met onderdrukte draaggolf. Deze systemen zijn in de dienstensector veel toegepast, doch zijn niet voor de omroep gebruikt, omdat deze tot complicatie en vervorming in de ontvangers aanleiding zouden geven. Het staat te bezien of een meer recent voorstel van *Van Kessel*, *Stumpers* en *Uyen* (1962) voor een verbeterde en vereenvoudigde toepassing van éénzijbandmodulatie voor de omroep ingang zal vinden.

Naast amplitudemodulatie was ook frequentiemodulatie reeds vroeg bekend, aanvankelijk vooral als een hinderlijk neven-

verschijnsel dat bij toepassing van amplitudemodulatie vermeden moest worden, doch ook als mogelijkheid op zichzelf. De vraag werd onderzocht wat de voor frequentiemodulatie benodigde bandbreedte was. Het bleek dat deze helaas niet kleiner was dan voor amplitudemodulatie (*Carson*, 1922). De belangstelling voor frequentiemodulatie verdween daarmee. Het was dan ook geheel tegen de gangbare opvattingen in, toen *Armstrong* in 1936 voorstelde frequentiemodulatie met een grote bandbreedte toe te passen, waardoor de gevoeligheid voor storingen sterk zou kunnen worden verminderd. We weten thans dat Armstrong het goed gezien had en dat het tot uitgebreide toepassing in de omroep is gekomen. De frequentiemodulatie met brede band maakt het ook mogelijk stereofonie in de omroep in te voeren, waartoe voorstellen van *Stumpers* belangrijk hebben bijgedragen.

Het probleem van storingvrije overdracht is er van het begin van de radiocommunicatie af geweest, en speelt ook in de draadcommunicatie. De benodigde sterkte van de uitgezonden signalen werd er geheel door bepaald, zodra de mogelijkheid van versterking beschikbaar kwam. Uit principiële onderzoekingen van dit probleem is veel voortgekomen. De eerste vraag was die naar de oorsprong van de storingen. Zelfs al waren alle uitwendige stoorbronnen afwezig en was de atmosfeer rustig, dan bleven toch storingen over. Het werd onderkend dat deze met ruis aangeduide storingen hun oorzaak hadden in de corpusculaire structuur van de materie, die fluctuatieverschijnselen tot gevolg heeft. Voor de ruisbronnen in netwerken toonde *Nyquist* (1928) aan dat deze in de weerstanden gelokaliseerd gedacht kunnen worden. Hij berekende de grootte ervan binnen een gegeven frequentieband. Ook in elektronenbuizen treedt ruis op. Het zgn. hageleffect werd reeds in 1918 door *Schottky* onderzocht. Sedertdien zijn nog allerlei andere ruisbronnen in buizen gevonden en is getracht tot ruisarme buizen te komen. Versterking met zeer weinig ruis is te bereiken met parametrische versterkers.

Principiëler nog was het onderzoek van het begrip informatie. Door *Shannon* werd in 1949 de mogelijkheid geopend aan het begrip informatie een kwantitatieve inhoud te geven. Het probleem om bij een gegeven storingsniveau zoveel mogelijk informatie over te brengen kon nu theoretisch worden aangepakt. Dit leidde tot het ontstaan van vele nieuwe soorten van modulatie, pulsmodulatie, codemodulatie, deltamodulatie, waarmee getracht wordt de theoretisch ideaal bereikbare grens zo dicht mogelijk te benaderen. Hier is ook te vermelden het systeem van telex over radio, de TOR, in 1947 door *Van Duuren* ontwikkeld en met groot succes toegepast. Daarbij wordt gebruik gemaakt van een zeven-eenheden-code die de ontvanger in staat stelt na te gaan of een ontvangen teken al of niet gestoord is. In geval van storing seint de ontvanger dit naar de zender terug die dan het teken opnieuw uitzendt.

Microgolven

Het streven naar uitbreiding van het beschikbare frequentiegebied en de wens om scherp gerichte stralenbundels te kunnen uitzenden leidde reeds in de dertiger jaren tot onderzoekingen in het gebied van dm- en cm-golven. De hoge frequenties noodzaakten ertoe de zelfinducties en capaciteiten zo sterk te verkleinen dat het niet mogelijk was deze afzonderlijk te construeren en daarna tot een netwerk samen te voegen. De zelfinductie en capaciteit van de leidingen ging mede een doorslaggevende rol spelen. Het werd nodig speciale microgolfnetwerken te ontwerpen. Trillingskringen moesten worden vervangen door trilholten, elektrische kabels door golfpijpen. Voor de berekening van deze netwerken zijn de wetten van Kirchhoff niet meer bruikbaar, doch moet tot de vergelijkingen van Maxwell voor het elektromagnetische veld worden teruggegrepen. Dit leidde tot vele wiskundig aantrekkelijke veldproblemen, waarmee een nieuw soort netwerktheorie werd opgebouwd. Een van de bijzondere resultaten is het volgende. Door in een golfpijp stukken ferriet aan te brengen en deze in een permanent magneetveld te plaatsen kan worden bereikt dat signalen door de golfpijp slechts in één richting worden doorgegeven (*Hogan*, 1952). Dit berust op het zgn. gyromagnetische effect in het ferriet. De werking is verwant aan die van een gyrator.

Doordat in het microgolfgebied de afmeting van de antenne vele malen groter dan de golflengte kan worden gemaakt, is het met microgolven mogelijk tot antennes te komen die scherp gerichte stralenbundels kunnen uitzenden, en bij ontvangst duidelijk onderscheid kunnen maken tussen stralen die uit verschillende richtingen komen. Dat maakte straalverbindingen mogelijk en eveneens de radar. Zowel *Von Weiler* als *Posthumus* waren voor de oorlog met proeven daarover bezig, wat toen obstakeldetectie werd genoemd.

Om microgolven te kunnen opwekken en ontvangen was de ontwikkeling van bijzondere elektronenbuizen nodig, daar de looptijd van de elektronen in de buizen bij de betreffende frequenties een grote invloed heeft. Om de looptijden te verminderen werden buizen ontwikkeld met extreem kleine afstanden tussen de elektroden, waarbij tevens de zelfinducties en capaciteiten van de gehele constructie zo klein mogelijk werden gehouden. Daarnaast ontstonden buistypen waarin van de looptijden van de elektronen een nuttig gebruik werd gemaakt, de zgn. lopendegolfbuizen. Deze buizen zijn echter ongeschikt om grote vermogens op te wekken, zoals deze in pulsvorm voor radar nodig zijn. Daarvoor bleken magnetrons geschikt te maken. Het was reeds lang bekend dat men door een elektronenbuis in een magneetveld te plaatsen trillingen kon opwekken. Het was *Posthumus* die in 1934-'35 een nieuw type magnetrontrillingen van hoge frequentie ontdekte en er de verklaring voor vond. In de oorlog is op deze inzichten door de Engelsen en Amerikanen voortgebouwd ten behoeve van de radar, o.a. door het combineren van een magnetron met trilholten tot één geheel.

Bij het streven naar steeds hogere frequenties is men er in geslaagd buizen te ontwikkelen waarmee trillingen van een golflengte van 2,5 mm kunnen worden opgewekt, terwijl met behulp van een vermenigvuldiger 0,8 mm werd bereikt (*Van Iperen*, 1959, 1965, met reflectieklystrons).

Ik heb getracht U met grote stappen door het wetenschappelijke veld te voeren dat door het elektronica- en radio-onderzoek is bewerkt. Vele gebieden heb ik daarbij in het geheel niet aangeroerd: televisie, met zijn bijzondere problemen van beeldopname en beeldweergave; elektronische metingen en meetapparatuur; antennetheorie; elektronenoptiek en elektronenmicroscopie; registratie en reproduktie van geluid en beeld; draaggolftelefonie; radio-astronomie, computers, quantenelektronica, radionavigatie, en waarschijnlijk nog wel meer. Veel sterk uiteenlopende zaken hebben de aandacht van de onderzoekers gevraagd. Het onderzoek heeft velen sterk geboeid en gestimuleerd om er in te werken. Ook leden van het Genootschap hebben aan de resultaten bij kunnen dragen. Ik wil eindigen met de hoop en de verwachting uit te spreken dat dit in de toekomst zo zal blijven.



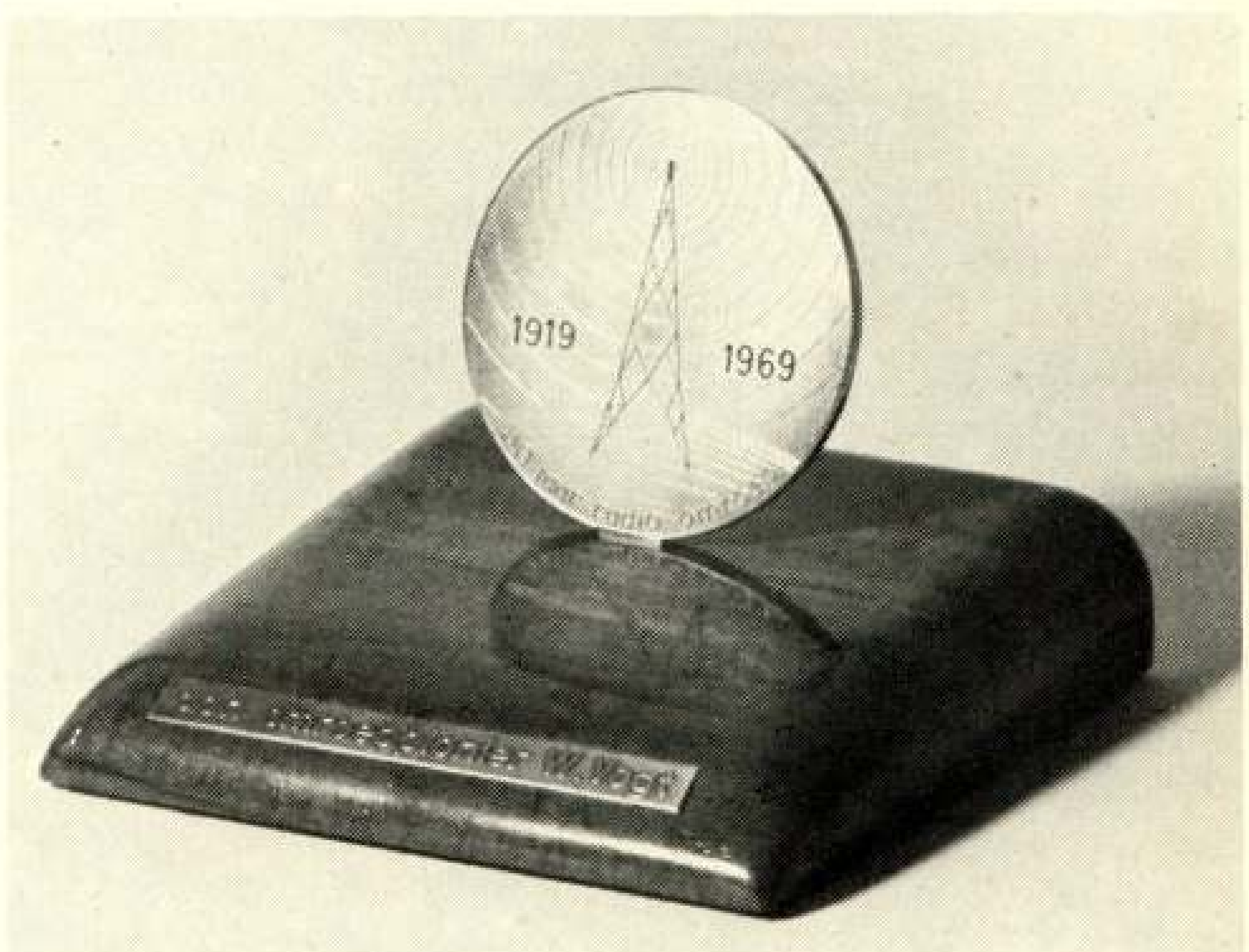
De T.H. Delft herdenkt 50 jaar radio-omroep in Nederland

Uitreiking van een plaquette aan de radio-pionier Willem Vogt

De Afdeling der Elektrotechniek van de Technische Hogeschool te Delft heeft op 17 april 1970 in haar kring herdacht, dat ca. 50 jaar geleden in Nederland met radio-omroep werd begonnen. Ter gelegenheid hiervan werden enkele lezingen gehouden. Op uitnodiging van de afdeling traden als sprekers op de prominente omroep-pionier *W. Vogt* (administrateur-penningmeester van de N.V. Nozema) met als onderwerp van zijn lezing 'Vijftig jaar carrière in de radio' en *prof. dr. ir. J. J. Geluk* (hoofd technische ontwikkelingen van de Stichting 'Radio Nederland Wereldomroep' en buitengewoon hoogleraar in de omroeptechniek aan de Technische Hogeschool Delft) met als onderwerp 'Vijftig jaar omroep'.

Na afloop van de lezingen werd door *prof. dr. ir. J. L. Bordewijk* namens de Afdeling der Elektrotechniek een woord van dank gesproken, waarna aan de heer Vogt een plaquette aangeboden werd door de ontwerper, de heer W. Th. J. van Kan, en de vervaardigers, de heren C. v. d. Lingen, H. de Knegt en H. Hoogervorst, als dank voor zijn markante bijdrage aan de opbouw van de omroep in ons land en ter herinnering aan zijn voordracht aan de Technische Hogeschool te Delft in dit historische jaar.

De plaquette draagt aan de ene zijde een afbeelding van de 'zingende toren' uit het boek 'Spanne en Spanningen' van de hand van de heer Vogt en aan de andere zijde een inscriptie, betrekking hebbende op de voordracht. De afbeelding van de 'zingende toren' is gekozen omdat deze zo karakteristiek is voor de dichterlijke benadering van de techniek door de 'troubadour van de omroep' Willem Vogt.



Plaquette '50 jaar radio-omroep'.



Vijftig jaar omroeptechniek

door prof. dr. ir. J. J. Geluk, Radio Nederland Wereldomroep, Hilversum

Inleiding

Indien men de technische ontwikkelingen in de omroepsector wil beschrijven, dan is het geboden de voorgeschiedenis van de techniek te belichten, welke op min of meer 'natuurlijke' wijze heeft geleid tot de huidige stand van zaken. Daarnaast is het interessant te badineren over de verdere toekomst van deze omroeptechniek, doch het is opmerkelijk dat voorspellingen zoveel riskanter zijn dan de logica, die door nabeschouwers steeds in het verleden wordt opgemerkt!

Als zo'n 'nabeschouwer' gevoel ik mij bij het beschrijven van de evolutie in de toepassingen van de elektromagnetische golven met een coherent karakter. Het is zo gemakkelijk om *nu* de analogie met bijv. lichtgolven aan te halen en daarmee de proeven van Marconi als triviaal te beschouwen. Doch dan gaat men voorbij aan het *wonder*, dat de radiogolven gezien konden worden als onzichtbare lichtgolven. Denkt men thans de fysica der natuur wel te kunnen bevatten en een prognose te kunnen geven over de toekomstige ontwikkelingen – *één enkele* principiële nieuwe vinding zou de hovaardij van de spreker aan de kaak stellen!

De 'prehistorie'

In 1895 heeft de 'Leidse fles' de vonk geleverd voor het experimenteel aantonen van elektromagnetische golven, die op enige afstand met detectoren konden worden ontvangen. Met de zgn. coherer van Branly (ook wel met een Duits woord als *fritter* aangeduid) deed eigenlijk de 'halfgeleider' zijn intrede in de communicatietechniek, een ijzerpoeder (vijlsel) dat onder invloed van het hoogfrequentveld de weerstand verlaagde en dat door er regelmatig tegen te *tikken* (bemonsteren) gemiddeld een lage weerstand kon blijven behouden, zolang een signaal werd ontvangen. Aan dit systeem herkennen wij de 'sampling' techniek en de 'gelijkrichting', zij het gerealiseerd met wel uiterst primitieve middelen.

Omstreeks 1901 werd de vonkbrug door het toepassen van vooraf berekende afgestemde kringen in frequentieband getemd, hoewel van een continue trilling geen sprake was. In combinatie met het gebruiken van een periodiek en pulsvormig variërende spanning van een verkregen hoogspanningsbron, ontstond een herhalingsritme van gedempte trillingen, die men met enige moeite kan opvatten als een draaggolf, in amplitude gemoduleerd met een zaagtandspanning van exponentieel karakter. Geen wonder dat na detectie (coherer of kristal) bij beluisteren op hoofdtelefoon een doordringende fluittoon of 'sparktone' ontstond. Om informatie te kunnen overdragen, moest de fluittoon worden gevarieerd en het was voor de hand liggend dat hiertoe het Morse-principe werd aangewend en wel op de hoogspanningsopwekking. Het resultaat was in feite een digitaal gestuurde samengestelde toon in 6 bits, die een draaggolf in amplitude moduleerde; voorwaar een geavanceerde techniek in 1905!

Enkele jaren later, en vooral gedurende de eerste wereldoorlog, werden zowel in Engeland als in Amerika (*Fleming, Lee de Forest*) vacuümbuizen ontwikkeld, met verhitte gloeidraden, welke aanvankelijk ten doel hadden als gelijkrichters te worden gebruikt voor de ontvangst van oorlogsinformatie. Wij lezen echter in een boek uit die dagen: '*The use of the Fleming Valve as a* rectifier *of received oscillations has been largely superseded by the crystal detector, on account of the fact that the sensitiveness of the latter is for all practical purposes equal to that of the Fleming Valve while avoiding the inconvenience and cost of a filament battery*'.

Tegelijkertijd bleek in Amerika, dat de triodebuis ook eigenschappen vertoonde, die *toen* revolutionair konden worden genoemd; met de *versterkende werking* was bovendien de *ontdemping* en de *oscillator* geboren. De laatste eigenschap, met de mogelijkheid C.W. (continuous wave) voor zenders te gebruiken, stuitte echter op veel verzet van de zijde der ontvangende stations; het signaal was wat men nu noemt 'niet-compatibel'!

Met de Morse-code gemoduleerd, was de onhoorbaarheid na detectie een hele teruggang t.o.v. de fluitttoon van de vonk en allerlei 'slimme' oplossingen werden gezocht en gevonden (tikker-schakeling).

Een ontvangersysteem werd ontwikkeld, waarbij de draaggolffrequentie werd geconverteerd in een hoorbare 'beat'-toon door toepassen van het *heterodyne* principe, waardoor als het ware de 'vonkfrequentie' in de ontvanger werd gesimuleerd. Het zou nog wel 15 jaren duren aleer het *super-heterodyne* principe zou worden toegepast; overigens om geheel andere redenen, nl. voor het verkrijgen van een constante bandbreedte door het toepassen van vaste middenfrequent kringen.

De continue draaggolf met het binaire modulatiestelsel heeft echter aan de zenderzijde andere modulatietechnieken bevorderd. Zonder moderne uitdrukkingen zoals bijv. digitaal-analoog conversie in de mond te nemen kan men stellen, dat de 'vonkfluit' werd gewijzigd in een amplitudemodulatie-inrichting met een 'analoog' microfoonsignaal en hiermede was de *omroep* geboren. In de Duitse taal bleef de afkomst van de omroep tot op de huidige dag bewaard in het woord *Rundfunk* en het

---

Voordracht, gehouden op vrijdag 17 april 1970, in de Afdeling der Elektrotechniek van de Technische Hogeschool Delft.

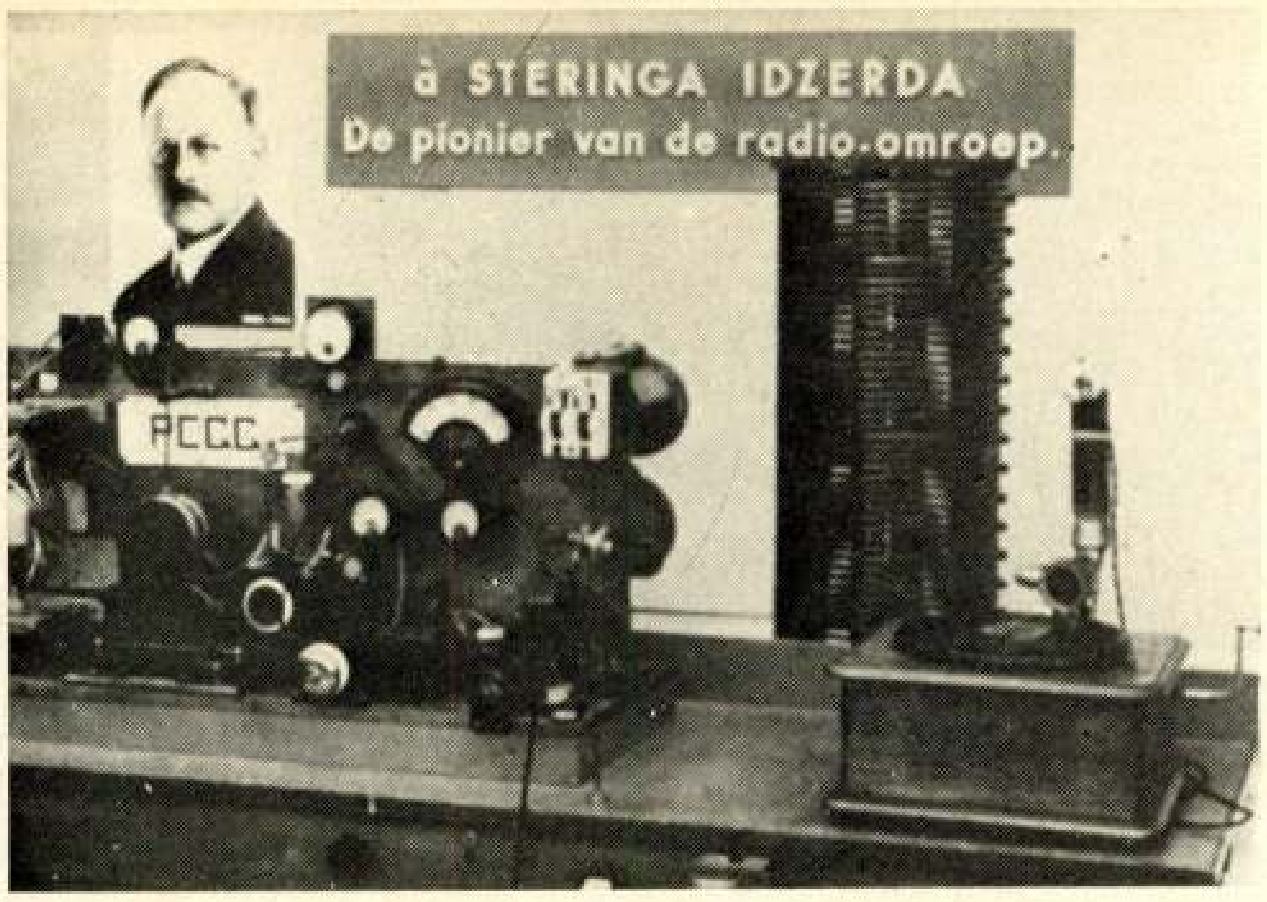


Fig. 1. De zendinstallatie van à Steringa Idzerda, waarmee in Nederland de eerste omroepprogramma's werden uitgestraald.

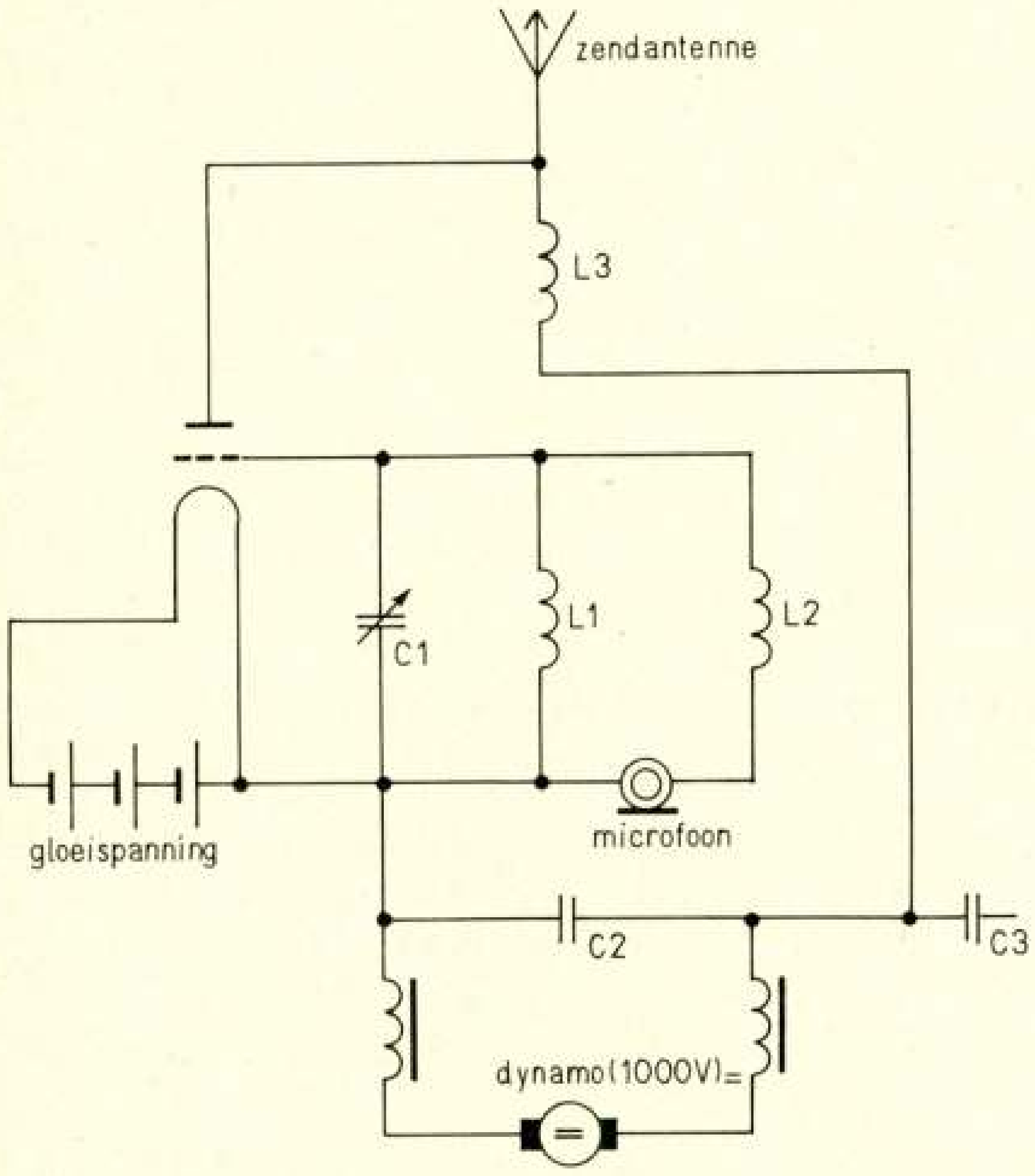


Fig. 2. De principeschakeling van de eerste omroepzender in Nederland waarbij de modulatiemethode reeds als FM te herkennen is. L1 en L2 worden meer of minder samengevoegd in de oscillatorkring.

strekt de Nederlandse pioniers (o.a. *Corver*) tot eer, een goed eigen woord voor deze techniek te hebben ingevoerd. Ook het woord 'omroeper', als aanduiding voor een functionaris, bleek een heel juist gekozen woord te zijn, omdat in vroeger tijden inderdaad mensen in dorpen rondgingen, luid aankondigingen omroepende. Omdat hiermede meestal ook zakelijke belangen werden gediend, zou men dit de voorloper van *commerciële lokale omroep* kunnen noemen.

Het regionale en plaatselijke karakter van dit systeem van 'lucht-omroep' bleek echter geen aanleiding te geven tot onderlinge concurrentie en geharrewar, beide zo wèlbekend na de invoering van de ether-omroep.

De AM-omroeptechniek

Microfoons hadden reeds in 1890 hun intrede gedaan in de techniek, doch de variërende koolkorrelweerstand kon slechts worden benut indien een gelijkstroomketen in de schakeling werd opgenomen.

Het was geen eenvoudige taak, met weinig laagfrequentvermogen een goede amplitudemodulatie te verkrijgen; te meer niet, daar het aantal buizen beperkt diende te blijven. Roostermodulatie werd derhalve de gangbare methode. Interessant is overigens dat *Idzerda* (1919) reeds een voordeel zag in 'frequentiemodulatie', door een koolmicrofoon (zonder gelijkstroom) op te nemen in de parallelverbinding van frequentiebepalende spoelen. Fig. 1 laat de installatie zien; fig. 2 toont het principeschema. Het wezenlijke voordeel van FM zou eerst 25 jaar later worden doorzien, toen begrippen als protectieverhouding en signaal/ruisverhouding een overwegende rol in de transmissietechniek gingen spelen.

Nadat laagfrequentversterkers met groot eindvermogen mogelijk werden, bleek de zgn. anodemodulatie (*Heising*) veld te winnen ten opzichte van de roostermodulatie en wel vanwege de geringere *distorsie*. Met goede apparatuur was het mogelijk (1935) deze terug te brengen tot 5%. De intermodulatievervorming kon echter wel 30% hebben bedragen! Voor deze vervorming bestond overigens nog geen meetmethode. Veel waarde werd ook gehecht aan het rendement van de eindtrap, daar enerzijds de anodedissipatie uit warmteoverwegingen moest worden beperkt en anderzijds de overdracht met groter h.f.-vermogen diende te geschieden.

Zenders met vernuftige, trapsgewijze opbouw van het hoogfrequentvermogen (*Doherty*) werden ook in Nederland in gebruik genomen; de stabiliteit voor minimum distorsie liet evenwel vaak te wensen over. Met de moderne technologie en een wat royalere levensinstelling blijkt het compromis te zijn gevonden voor de klassieke anodemodulatie. Hierdoor zijn eindvermogens tot 500 kW eerder regel dan uitzondering.

De ontvangertechniek maakte een grote sprong vooruit omstreeks 1932, toen met behulp van lokale oscillatoren en middenfrequent bandfilters een goede selectiviteit bij grote gevoeligheid kon worden verkregen. Ook de automatische sterkteregeling (gewoonlijk aangeduid met A.V.C. of A.G.C.) bleek een grote vooruitgang te zijn, omdat geleidelijk de ether vol (te vol) geraakte met talloze zenders en in de antennesignalen een sterkteverschil van meer dan 60 dB kon worden vastgesteld.

Internationaal was het dringend gewenst de omroepbanden en de zenderfrequenties te reguleren, mede met het oog op de radiocommunicatie voor andere diensten. Een indeling werd gemaakt in banden, welke thans voor de omroep worden aangeduid met LF – MF – HF (*low*, *medium* en *high* frequency).

Door de vele ongewisse factoren in de propagatie en het niet onderkennen van de noodzaak voor het vaststellen van protectieverhoudingen voor nabuurkanalen, zelfs in 1947, bezitten wij nu nog een middengolfverdeling voor de legale zenders die uiterst primitief aandoet. Zo heeft men daar nog enkelvoudig bezette of exclusieve kanalen en een zgn. 'onde commune' waarop met klein vermogen ieder land steunzenders kan bedrijven. Bovendien werd voor de kanaalafstand 9 kHz (soms 10 kHz) genomen, terwijl aan de zijbanden geen beperking werd opgelegd. Beziet men nu de werkelijke bezetting van bijv. de middengolf, dan is het niet verwonderlijk dat vooral in de schemeruren, wanneer ook via de ionosfeer een goede propagatie mogelijk is, de *Kopenhagen planning* geen garantie geeft voor ongestoorde ontvangst. In de korte golf is de toe-

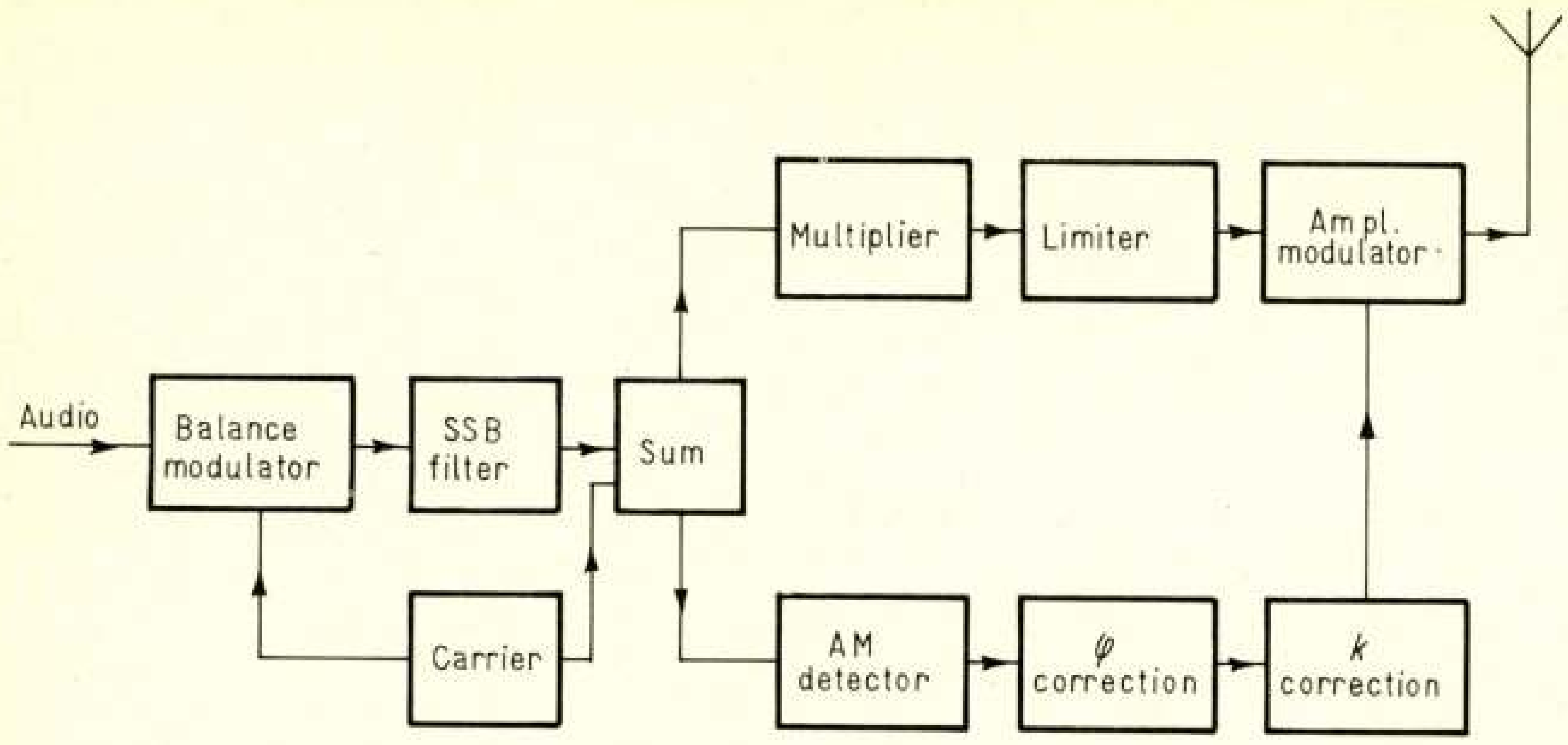


Fig. 3. Grondschema van het CSSB-systeem met kwadratering (multiplier). Het 'driver' signaal voor de amplitudemodulator wordt zodanig in fase gemoduleerd, dat met een gecorrigeerd audiofrequentsignaal gemoduleerd, een quasi-enkelzijbandspectrum ontstaat. De omhullende van het resulterende signaal komt overeen met het audio-ingangssignaal.

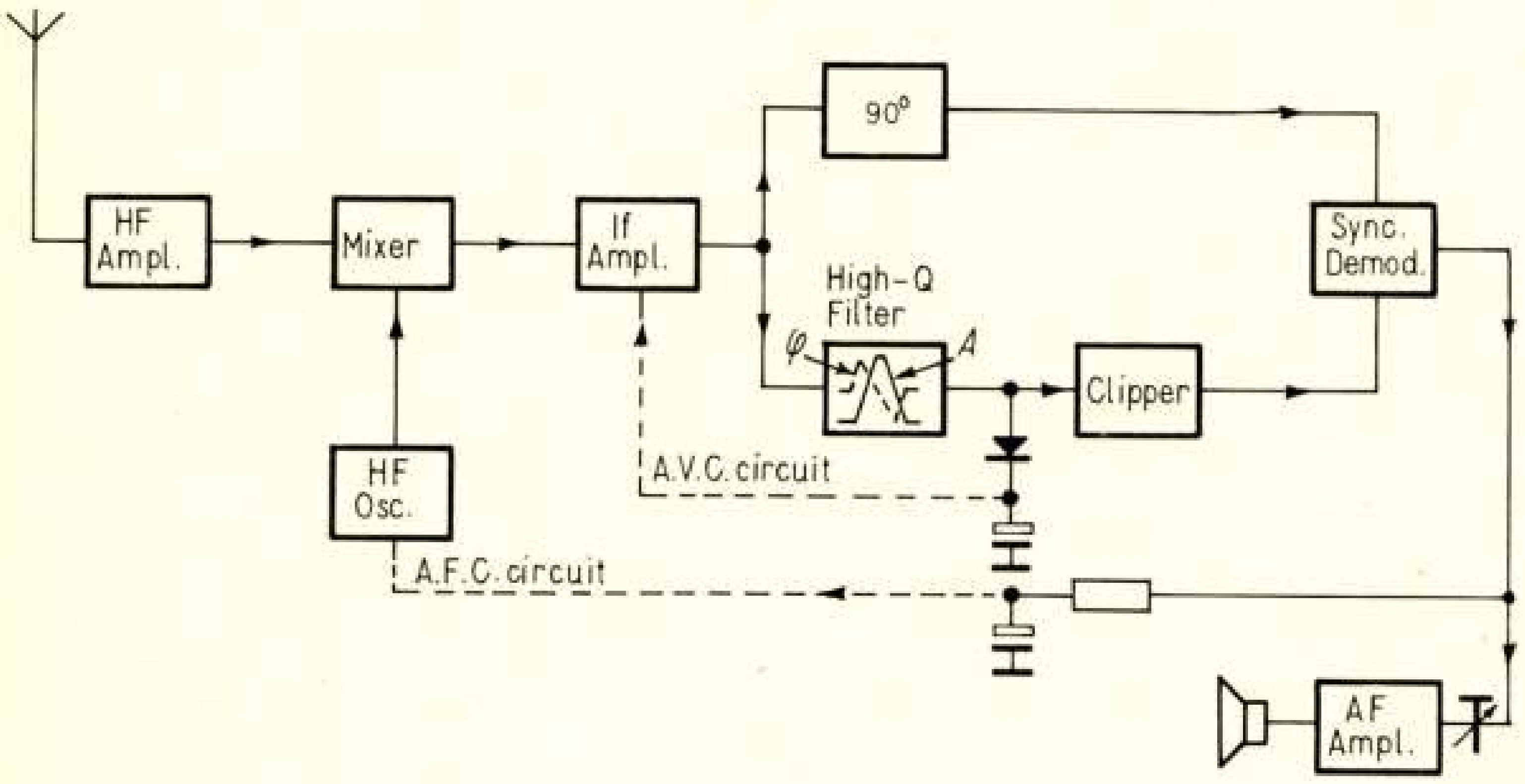


Fig. 4. Grondschema van een enkelzijbandontvanger met draaggolfscheiding. Door middel van de fasekarakteristiek van het kwartsfilter en het 90° draaiende middenfrequentfilter wordt een criterium verkregen voor automatische afstemming. Tevens wordt hiermede een fasevergrendeling verkregen waardoor eventueel normale AM-signalen synchroon gedetecteerd kunnen worden.

stand nog veel grilliger, omdat in dit gebied de overdracht gehéél via de ionosfeer moet plaatsvinden en de kanaalkeuze afhangt van richting, de opstraalhoek, de zonnevlekken en van tijdfactoren.

Toch is het alleszins de moeite waard om deze golflengtegebieden zo goed mogelijk te benutten, omdat alle nieuwe transmissiewegen en zendsystemen de mogelijkheid missen om met de allerwegen voorhanden ontvangers *van verre* informatie te kunnen ontvangen. De attractiviteit van deze eigenschap heeft ertoe geleid om met betere modulatietechnieken en bij behoud van de compatibiliteit de golflengtegebieden met AM nieuw leven in te blazen.

Compatibele enkelzijband-techniek is kortelings experimenteel beproefd, een systeem waarbij, met behoud van de *omhullende* als informatiedrager en met toevoeging van een geringe frequentiemodulatie, de frequentieband nauwelijks breder werd dan bij enkelzijband-AM (zie fig. 3). Het is echter gebleken, dat juist de omhullende het meeste storingsgevoelig is, daar bijv. fadingeffecten niet werden gereduceerd. Meer toekomst is te verwachten van zuivere enkelzijband-modulatie met of zonder compressie, welke echter een voor omhullende detectie niet-compatibel signaal oplevert (zie fig. 4). Bij synchrone detectie zou men echter het voordeel kunnen verkrijgen van een smalle benodigde band, waardoor meer zendfrequenties beschikbaar zouden komen. Als overgangsmaatregel zou de ontvangerindustrie een combinatie van *beide* detectiemethoden in *één* ontvangerschakeling kunnen realiseren, terwijl van omroepzijde een geleidelijke overgang van enkelzijband met een overmaat aan draaggolf naar een enkelzijband met sterk verminderde draaggolf (of een vaste referentietoon) zou kunnen worden bewerkstelligd.

De wijzigingen aan de bestaande zenders zijn echter van ingrijpende aard. Ze zijn tegenwoordig toch wel uitvoerbaar, omdat naast de AM-omroep een kwalitatief beter systeem van FM-omroep is ontstaan en de muzikale fijnproever niet meer behoort tot de luisterkring van de 'stoomradio', zoals de middengolf wel wordt genoemd.

De FM-omroeptechniek

Na de tweede wereldoorlog was het duidelijk dat voor sommige landen niet voldoende middengolfkanalen behouden konden blijven, laat staan dat men een uitbreiding aan de bestaande kanalen zou kunnen geven. Zowel het hogere frequentiegebied van de VHF-band als de hoger gewenste signaal/stoorverhouding bij de ontvangst leidde tot FM-modulatie.

Met een piekdeviatie van 75 kHz en een audio-frequent signaal tot 15 kHz, waaraan een 'pre-emphasis' van 75 μs werd toegevoegd, kon een uitzonderlijk goede ontvangkwaliteit worden verkregen. Nadat aanvankelijk de kanalen op 300 kHz onderlinge afstand waren ingesteld, bleek bij optimalisering van het netwerk voor een bekende protectieverhouding en bij gebruik van goede ontvangers, een 'overlappend' patroon met 100 kHz kanaalafstand voordelen te bieden. Zodoende kan *overal* tenminste een bedekking met 3 FM-programma's worden gerealiseerd, in vlakke landstreken zelfs met de mogelijkheid van een vierde programma.

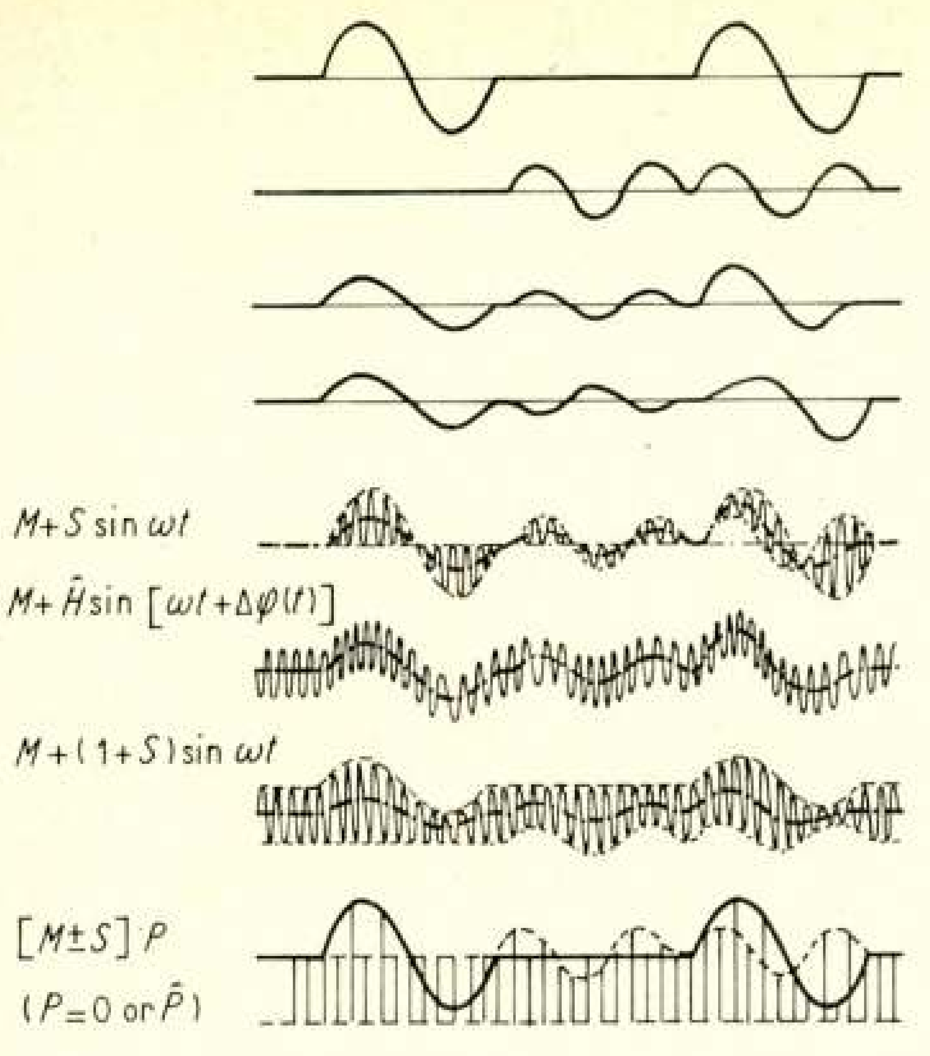


Fig. 5. Verschillende modulatiemethoden voor multiplex-signalen. Het amplitudegemoduleerde hulpdraaggolfsysteem met onderdrukte draaggolf is het zgn. piloottoon-systeem voor stereofonie via FM-zenders. De piloottoon bij 19 kHz is niet getekend.



Fig. 6. Moderne regeltafel voor stereofonie. De module-opbouw biedt per kanaal de mogelijkheid om alle gewenste monofone en stereofone effecten te bereiken.

Omstreeks 1960 werden belangrijke onderzoekingen begonnen op het gebied van de *stereofonie*, een principe van geluidsoverdracht dat op zichzelf niet nieuw kon worden genoemd. De techniek had tot dan telkens weer een halt toegeroepen aan reële toepassingen; eerst (in 1880) door gebrek aan adequate versterkers en transducers; later (in 1940) door onvoldoende transmissiekwaliteit en archivering in de vorm van de grammofoonplaat.

Gedurende de tweede wereldoorlog was er allerminst aanleiding om op dit gebied verdere ontwikkelingen te mogen verwachten. Toch zijn er uit die periode belangrijke toepassingen bekend van het stereofonisch richtingseffect met name voor het sonderen van onderzeeboten. Een vèrstrekkende stimulans zou uitgaan van de vinding van de *magnetische registratietechniek*. Het lineariserend effect van de h.f. vóórmagnetisatie, als bij toeval ontdekt door *Von Braunmühl*, heeft, na het militaire gebruik voor snelle Morse-signalen, zijn weg gevonden in de elektro-akoestiek, de videotechniek en de computertechniek. Toch was het de stereo-grammofoonplaat, welke in massa kan worden vervaardigd, die de attractie van het stereofonisch beluisteren wijd verbreidde.

Door het handhaven van het horizontaal schrift naast een verticale modulatie ontstond bovendien een compatibele plaat, op gelijke wijze afspeelbaar als de normale langspeelplaat. Deze laatste was overigens zelf ook een concurrerende naoorlogse ontwikkeling t.o.v. de magnetische band.

Het begrip stereofonie heeft heel wat interpretaties verkregen en door de vaak onjuiste benamingen ook begripsverwarringen doen ontstaan. Vanuit de meest duidelijke techniek, waarbij het hoofd van de toehoorder als het ware virtueel werd afgebeeld *in* de concertzaal, evolueerde deze techniek naar de huidige praktijk, waarbij met behulp van twee separate, doch gelijke transmissiekanalen, die elk uitmonden in een luidspreker, signalen en 'willekeurige' oorsprong worden overgedragen.

Het is een wonder dat met deze tweekanaalsoverdracht nog effecten zijn te realiseren, welke vaak de werkelijke stereofonie verrassend nabijkomen, vooral wanneer men bedenkt dat met vele microfoons op grote afstanden en met allerlei effecttoevoegingen wordt gewerkt. Lange tijd werd internationaal gedebatteerd over de eisen, welke men diende te stellen aan de stereo-overdrachtskanalen, uit oogpunt zowel van goede 'stereofonie', als van compatibel monofoon geluid en realiseerbaarheid.

Vooral het hoogfrequent-zendsysteem heeft vele alternatieven gehad, vanaf hybride systemen (*Percival*) tot aan systemen met alle mogelijke hulpdraaggolfmodulatiemethoden die men zich maar kan denken (zie fig. 5). Het mag een wonder worden genoemd dat in 1963 voor geheel West-Europa, Amerika en Japan het piloottoon-systeem door het C.C.I.R. werd aanvaard. De enige uitzondering vormde eigenlijk de U.S.S.R., alwaar men het zgn. polaire systeem heeft ingevoerd. In terugblik zijn de motieven voor de keuze altijd merkwaardig. De commerciële waarde bijv. van een demodulator werd beheerst door het aantal 'buizen' dat benodigd was, terwijl thans (1969) IC's (integrated circuits) bestaan voor de gehele schakeling.

Stereo-decoders in ontvangers zijn zodanig geschakeld dat de matricering direct geschiedt vanuit het samengestelde signaal van M en het modulaat van S door middel van schakeldetectie. Een criterium voor de fasegelijkheid van de M- en S-signalen vindt men terug in de resulterende overspraak tussen de kanalen A en B, die toch altijd wel 30 dB moet bedragen. Ook de studio regel- en schakelorganen, die behoren

tot de uitrusting voor stereofonieoverdracht, zijn wezenlijk veranderd (zie fig. 6). Menging in een groot aantal railsystemen, panoramische regeleenheden, speciale microfoons en galmcircuits zijn thans normale faciliteiten in de omroeptechniek, om nog maar niet te spreken van de vele 'trick' schakelingen voor stereofonische effecten.

Of 4-kanaalsstereofonie, of ook quasi-quadrofonie een toekomst heeft, kan men slechts gissen.

De televisie

De geschiedenis van de televisie-omroeptechniek geeft een geheel andere ontwikkelingsgang te zien dan die van de radioomroep. Zij werd meer beheerst door de technologie van film en fotografie dan door het aspect van de draadloze overdracht. Bij de eerste mechanisch-optische experimenten was al duidelijk, dat de vinding en de vervolmaking van de televisie zou leiden tot een omroep met een recreatief en informatief karakter, zoals dat van de bioscoop reeds lang bekend was.

De Nipkow-schijf (in 1883 uitgevonden), behelsde reeds de essentiële functies, welke voor overdracht van beelden (ook bewegende) noodzakelijk zijn. Het tweedimensionale helderheidspatroon werd in een vaste tijdsvolgorde puntsgewijs overgebracht naar een synchroon afbeeldende lichtstip, waarvan de helderheid overeenkwam met die van de opname; e.e.a. nog voordat de filmtechniek bestond; voorwaar een vooruitlopende gedachte (zie fig. 7). Lange tijd heeft men met mechanische en optische hulpmiddelen getracht de beeldoverdracht te verbeteren, geleidelijk ook hoogvacuümbuizen invoerend, zoals de glimlamp en de Kerr-cel voor reproduktie, alsmede de fotocel voor opname. Pas in het jaar 1930 deed de kathodestraalbuis voor beeldreproduktie haar intrede, hoewel in principe reeds aangegeven door *Ferdinand Braun* in 1897.

Nadat verschillende verbeteringen van sturing en nalichtcompensatie waren ingevoegd (door o.a. *Manfred von Ardenne*, *Bedford*, *Karolus*) konden in 1931 reeds beelden met 100 lijnen worden weergegeven. Geheel anders verliep de beeldanalyse langs elektronische weg; films werden met spiegelsystemen afgetast evenals directe studiobeelden, waarbij directe lichtbronnen geheel vermeden moesten worden en derhalve in een soort telefooncel moest worden geacteerd.

Ook werd een snel tussenproces van film-ontwikkelingaftasten voor directe reportages gebruikt, doch omstreeks 1935 werd ook de *ikonoscoop* als beeldaftaster ingevoerd, waarbij tevens het lijnenaantal tot 180 werd opgevoerd. Tussen 1935 en 1940 werden vanuit Amerika allerlei meer gevoelige camera's geïntroduceerd, waarbij vooral het werk van *Zworykin* moet worden gememoreerd.

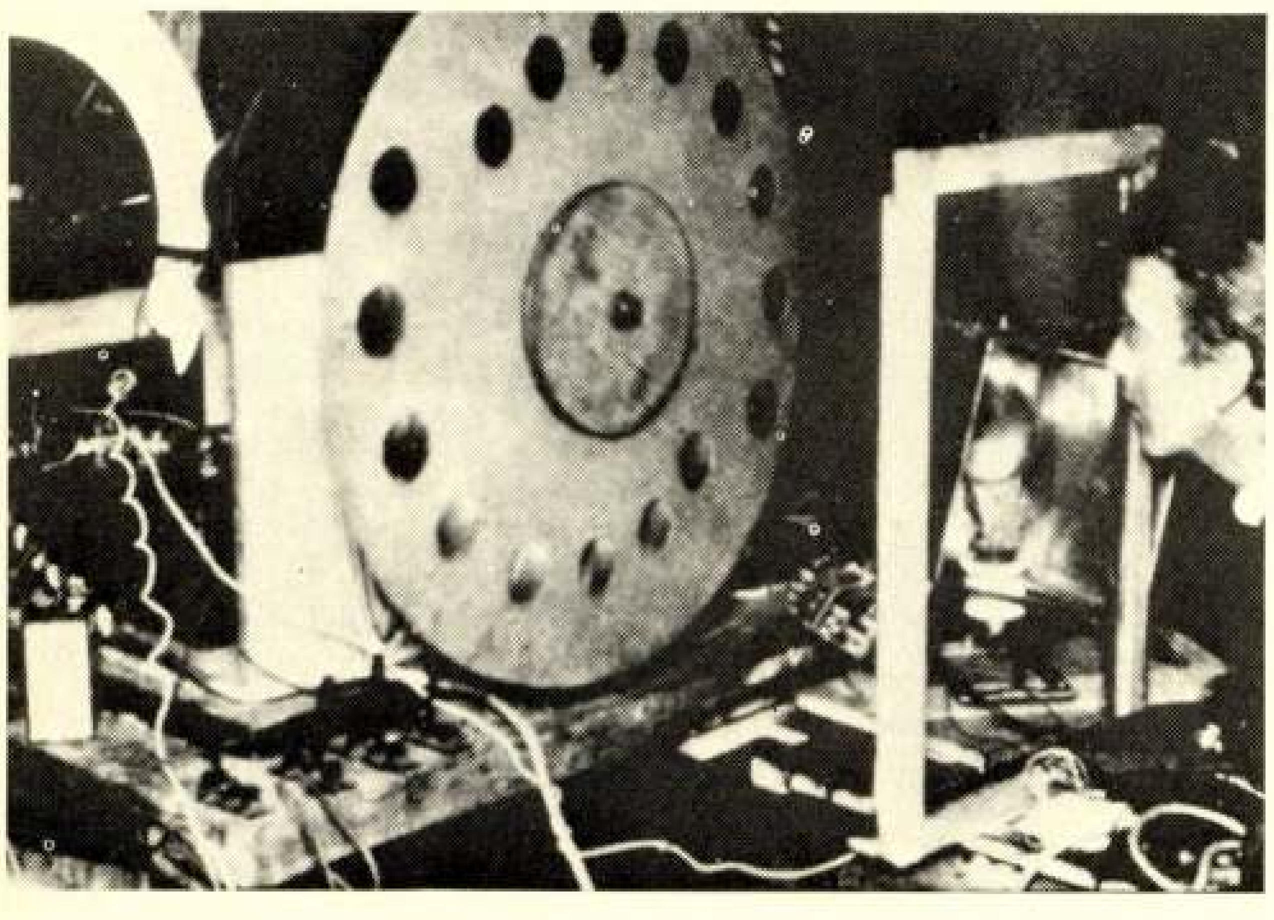


Fig. 7. 'Studio' en Nipkow-'camera' van een televisiesysteem omstreeks 1928 (J. G. Baird).

In Nederland werd in 1936 de eerste Televisie Commissie in het leven geroepen en het is misschien wel interessant hiervan enkele waarnemingen en conclusies te vermelden. Zo lezen wij dat in Duitsland de televisievoorziening in *steden* met *zenders* zou dienen te geschieden, daarentegen op het platteland door middel van *kabels*.

In Engeland leerde de Commissie o.a. dat het uitzenden van speelfilms als 'geheel ondoelmatig' moest worden beschouwd, omdat hieraan het directe, het actuele zou ontbreken. Het financieringsprobleem zou op bevredigende wijze kunnen worden opgelost door op grootbeeld, aan de bioscooptheaters het televisieprogramma aan te bieden, waardoor aanzienlijke baten zouden toevloeien!

Vanaf ongeveer 1947 stamt de ontwikkeling van de kleurentelevisie in Amerika en wederom waren het de mechanische hulpmiddelen die een voorsprong hadden t.o.v. elektronische systemen. Deze voorsprong was zo overtuigend dat de F.C.C. (Federal Communications Commission) in 1950 besloot het rastersequente kleursysteem te autoriseren voor uitzendingen. Dit systeem, dat afwisselend in Rood, Groen en Blauw (*R*, *G*, *B*) de bijbehorende helderheden van een beeldbuis projecteerde door een met de rasterfrequentie gesynchroniseerde kleurschijf, was niet alleen in mechanisch opzicht kritisch; het was ook niet-compatibel voor normale zwart/wit ontvangers. Voor een subjectieve kleurwaarneming bleek het niet alleen toelaatbaar de drie kleurcomponenten snel na elkaar te presenteren, doch tevens konden de drie bij elkaar behorende kleurpunten op geringe onderlinge afstand van elkaar worden geprojecteerd.

Een soortgelijke techniek was reeds in 1907 beproefd door de gebroeders Lumière, toen de eerste kleurenfoto werd gemaakt met de zgn. autochrome plaat. Beide 'tolerante' effecten worden in beeldbuizen zoals Chromatron en Index-buis benut, waarbij met slechts één elektronen-kanon de primaire kleuren na elkaar worden geschreven. De *schaduwmaskerbuis* bezit drie simultaan schrijvende elektronenstralen en het oog middelt deze stimuli of beter: mengt ze additief, over een drietal in elkaars nabijheid gelegen punten, zoals dit ook geschiedt bij de schildertechniek die als pointillisme bekend staat (o.a. Van Gogh en Delacroix).

Het eerste alternatief voor een elektronisch systeem leidde tot het zgn. NTSC-systeem. Hierbij wordt voor iedere latent aanwezige kleur door ompoling van het gemoduleerde kleursignaal voor boven elkaar liggende beeldpunten, een egalisatie verkregen; de zwart/wit ontvangst wordt zodoende het minst gestoord door de aanwezigheid van de kleurinformatie. Voor kleurloze gedeelten kon het gehele hulpsignaal tot nul worden gereduceerd door zgn. amplitudemodulatie met onderdrukte draaggolf toe te passen. Om bovendien de twee kleurinformaties simultaan te geven, werd kwadratuurmodulatie toegepast, hetgeen synchrone detectie aan de demodulatiekant noodzakelijk maakte.

Het tweede alternatief bestond uit een frequentie-gemoduleerd signaal, dat voor demodulatie geen referentie behoefde, doch anderzijds slechts één enkele informatie kon bevatten. Om toch de drie-eenheid (*R*, *G*, *B*) continu ter beschikking te hebben, moest een tijdvertraging van één lijntijd worden ingevoerd. Dit heeft geleid tot het ontstaan van enkele typen van vertragingslijnen (staal, glas) met bijbehorende transducers. De verdere complicaties bleken te bestaan in een te grote zichtbaarheid van de hulpdraaggolf, die daarom goeddeels moest worden onderdrukt. Verder diende een lijnritme (volgorde) te

worden medegegeven, om te indiceren waarmede successievelijk de kleurdraaggolf werd gemoduleerd. Het geheel van karakteristieken heeft geleid tot het SECAM-systeem, dat behalve in Frankrijk, ook in de U.S.S.R. in 1966 werd ingevoerd.

De bezwaren welke aan het NTSC-systeem kleefden, hebben vele varianten doen ontstaan, niet zelden gebaseerd op een ontwikkeling van de bovengenoemde vertragingslijn. Weliswaar had het SECAM-principe aangetoond dat een uitgesteld kleursignaal meestal kon worden samengevoegd met een 'real-time' complement, doch merkwaardige horizontale 'moiré'-kleureffecten traden soms op.

Het was *Bruch*, die in 1963, met behoud van de volledig simultane componenten, een kwadratuurmodulatie invoerde, waarbij lijn na lijn de polariteit van één kleurverschilsignaal werd gealterneerd. Evenals het NTSC-systeem behoefde dit zgn. PAL-systeem een referentiesignaal, niet alleen voor de synchrone detectie, doch tevens voor de lijnvolgorde. Hoewel in West-Europa goeddeels het PAL-systeem is ingevoerd, zijn er ook ontwikkelingen gaande (of geweest) om in nog stabielere vorm en/of smallere band het kleurenbeeld over te brengen.

Zo was er o.a. het zgn. ART-systeem (eveneens een NTSC-variant), dat een Additional Reference Transmission inhield met continue toevoeging van 'zuivere' hulpdraaggolf, welke lijn na lijn werd omgepoold. Hoewel de compatibiliteit in principe iets afnam, waren de voordelen groot. Men had doorlopende referentie tijdens de gehele lijntijd en bovenal: het kon worden ingevoerd in een reeds gevestigd televisienet op basis van het NTSC-systeem. Ook voor het vastleggen van het beeld op een band zijn andere systemen attractief, zoals bijv. het FAM-systeem, waarbij na frequentiemodulatie een amplitudemodulatie wordt toegepast voor de twee kleursignalen.

Het is betreurenswaardig dat op dit gebied van de communicatietechniek politieke invloeden een doorslaggevende betekenis hebben gehad. De eerlijkheid gebiedt te vermelden, dat het keer op keer aan 'koene' besluitvaardigheid bij de ingenieurs heeft ontbroken. Wanneer men thans de convertoren en transcoders in bedrijf ziet die dienen om het NTSC-systeem in PAL te vertalen, dan realiseert men zich hoeveel monnikenwerk kan ontstaan indien door internationaal overleg een decisie te lang wordt vertraagd.

T.V. Netwerk planning

Evenals voor de FM-omroep kwam voor de televisie-omroep een frequentieverdeling tot stand in de banden I, III en IV/V. Ook in dit geval resulteerde uit de vereiste protectieverhouding en de vereiste minimum signaalsterkte, een bedekking met *drie* verschillende programma's overal in Europa. Het betekent overigens niet dat men op vele plaatsen niet meer programma's zou kunnen ontvangen. Indien echter in de komende jaren deze geplande frequenties overal zullen worden bezet, wordt het steeds minder waarschijnlijk dat men 'van over de grens' nog een graantje zal kunnen meepikken. Het doet dan wat onnatuurlijk aan dat bij een zo grote keuzemogelijkheid op T.V.-ontvangers, de selectie uit aangeboden programma's wederom tot 3 zal zijn beperkt, een situatie die zich nu reeds in de FM-band gaat voordoen. Additionele selectiemiddelen zoals richtantennes kunnen nog enig soulaas bieden; doch voor de toekomst dringen zich andere systemen op.

Allereerst is er, althans in Nederland, de mogelijkheid volledig gebruik te gaan maken van de resterende zendfrequenties. Behalve het *derde* T.V.-net zijn er vele mogelijkheden voor het installeren van kleine, meer lokale zenders, dank zij het feit dat in Nederland de golfvoortplanting zo gunstig is. Natuurlijk spelen hierbij andere dan technische factoren een wezenlijke rol, doch het is bepaald onjuist om de beperkingen, die er technisch wel zijn, steeds als schild te gebruiken voor de zwakke houding van de overheid, die politiek gezien, geen 'neen' durft te zeggen op overigens gerechtvaardigde verlangens van helaas vaak 'onbemiddelden'.

Zijn de middelen voor investering en exploitatie *wel* aanwezig, dan kan een nog grotere uitbreiding aan zendmogelijkheden worden geboden door de ontsluiting van de SHF-band, die door de enorme bandbreedte van 1000 MHz wel 100 televisiekanalen kan herbergen. Dit betekent niet dat even zovele programma's over een groter gebied kunnen worden uitgestraald, te meer niet omdat de zichtafstand in dit cm-golfgebied tot 15 km is beperkt. Bij een goede frequentieverdeling en locatiespreiding komt men zodoende slechts tot 5 programma's die overal te ontvangen zullen zijn. Hij spreekt vanzelf dat evenals bij de huidige FM- en T.V.-omroep iedere zender een *ander* streekprogramma zou kunnen aanbieden, zodat dan van een *specifiek stedelijke* verzorging gesproken zou kunnen worden in dit cm-golfgebied.

De ontvangmiddelen zullen echter een bijzondere aanpassing behoeven om geschikt te zijn voor de normale ontvanger, hetgeen vraagt om meer gecentraliseerde antennesystemen en convertoren. Anderzijds vraagt een dergelijk systeem aan de *zendzijde* een uitgebreid koppel- of distributienet, ten einde de distributie van landelijke programma's te kunnen realiseren, al dan niet met een gecentraliseerd studiocomplex, dat meestal uitgebreide voorzieningen nodig heeft, en dus een grote investering vereist (zie fig. 8). De hiervoor gebruikte straalverbindingen zullen een sterke uitbreiding moeten ondergaan, hetgeen naar het zich laat aanzien niet altijd mogelijk zal zijn. Als alternatief kan soms zgn. 'Ball-Empfang' gebruikt worden of, indien de etherwegen falen en de geldmiddelen niet ... de kabel! De ontwikkelingen van de Amerikaanse CATV-systemen duiden erop dat met zgn. trunk-verbindingen voor 12 programma's in één richting afstanden zijn te overbruggen van enkele tientallen km, met tussenversterkers geplaatst op onderlinge afstanden van ongeveer 1 km. Hoewel deze aanleg en het onderhoud zeer kostbaar zijn, lijkt dit de enige uitweg voor een zo gecompliceerd distributienet. Het ligt voor de hand hierbij ook te denken aan een zo omstreden plan als dat van het landelijke CAS-systeem, dat eigenlijk bestaat uit een conglomeraat van centrale antennesystemen en gemeenschappelijke antennesystemen, verbonden door een soortgelijk trunksysteem als hiervoor genoemd. Dat zulk een fusie tussen programma-producent en consument niet nieuw is, bewijst het gebruik van de zgn. zendlijnen voor de FM-geluidzenders gemeenschappelijk voor deze zenders en voor de huidige draadomroep. Voor het moment lijkt het nu urgent dat de zgn. CAI- en GAI-systemen op goede technische basis worden ingevoerd op een zo vrij mogelijke wijze, bijv. binnen een straal van 3 km, zodat later bij het eventueel aangaan van de bovenvermelde fusie de voorwaarden in der minne kunnen worden geaccepteerd. Beoogt men echter bovendien buitenlandse programma's hierin te betrekken, dan doemen schier onmetelijke moeilijkheden op, waarvan de financiële slechts één facet vormen.

De vraag kan worden gesteld of met de komst (of de verre toekomst) van een landelijk CAS-net het verbreiden via de ether, door sommigen genoemd 'etherverontreiniging', nog wel zin heeft.

Daar is in de eerste plaats de steeds groeiende groep van mobiele luisteraars en kijkers, die niet zonder deze verbindings-



Fig. 8. Studio-scène van een kleuren-T.V. produktie (1969).

weg kunnen worden bereikt, maar in de tweede plaats is er, inherent aan ieder verspreidend medium (dat dus een *besloten* karakter heeft), de zo gevreesde censuur of zo U wilt: betutteling. Het naast elkaar aanwezig zijn van de etherweg en de kabelweg moet enerzijds de mogelijkheid open laten, een vrije keuze te kunnen doen als individu of als groep; anderzijds moet de eis worden gesteld dat beide systemen elkaar niet storen. Het is onbegrijpelijk waarom in Nederland *alle* T.V.-ontvangers een *niet*-afgeschermde antenne-ingang bezitten en de installateur van een GAI of CAI geheel vrij is signalen te converteren naar elk beschikbaar kanaal; daarmee worden aan de ether onnodig kanalen onttrokken, die deze juist zo slecht kan missen.

In de USA valt thans een enorme groei van soortgelijke CATV-systemen waar te nemen en voor 1970 verwachtte men, dat 32% van de bevolking aangesloten zou zijn op een dergelijk lokaal systeem. Het ontbreken van luister- en kijkgelden maakt de invoering van meer uitgebreide serviceverlening (o.a. met eigen informatiebronnen) zonder meer mogelijk, zolang de lokale zendstations hierin geen concurrentie zien. Toch laat het zich aanzien dat meer lokale informatie (ook commerciële) in de CATV-systemen zal binnendringen; nimmer is er daar echter sprake van dat buitenlandse programma's worden ingevoegd.

In Nederland waar de omroepconstellatie op geheel andere principes berust, zou ook een CAI-systeem denkbaar zijn met lokale commerciële inslag, ten einde een goede financiële basis te vinden voor deze particuliere serviceverlening. Ook zonder een landelijk CAS-systeem zijn er dus vele mogelijkheden om tot een zeer gedifferentieerd net van T.V.-systemen te komen, zelfs zonder dat gemeenschapsgelden en overheidsmonopolie een doorslaggevende invloed uitoefenen. Evenzeer als er naast de landelijke pers ook een sterk plaatselijke publiciteit bestaat, zal een *niet-landelijk* CAS-systeem met plaatselijke 'kabelomroep' een waardevolle aanvulling en vervanging kunnen zijn van wijk-, universiteits- en gemeentebindingen. Indien hierdoor niet alleen de antennewouden zouden worden gereduceerd, doch tevens het aantal reclamefolders dat onze brievenbus verstopt, dan is dat alleen maar toe te juichen!

Toekomst van radio en televisie

Als in het jaar 2000 nog iemand deze voordracht leest, mag hij dit gedeelte beschouwen als een komische noot en meewarig glimlachen over zoveel onwetendheid. Men kan zich zelfs de vraag stellen of er dan nog wordt gelezen, omdat audio-visuele middelen het 'geletterde' geheel kunnen hebben overschaduwd. Zeker is dat voor een hoge kwaliteit in de geluidsreproduktie geen aanspraak meer behoeft te worden gedaan op de FM-omroep. Ieder zal beschikken over eigen middelen om op ieder gewenst moment datgene te horen, wat hem past, een faciliteit die geen omroep ooit kan bieden. Maanreizigers gaan voor in het kiezen van 'thát music – whén you want'. Dit verschijnsel duidt erop, dat men weer op actieve wijze deelneemt aan het culturele leven. Eenzelfde horizon is te zien voor het televisiegebied van de massa-informatie en tot op zekere hoogte zal 'the movie – you missed' op beeldband ter beschikking staan.

Een fundamenteel verschil zal wel blijven, dat een film minder vaak gezien wil worden dan geluidsopnamen gehoord.

Het behoeft niet noodzakelijk te zijn dat men persoonlijk over een archief beschikt, omdat men via beeldtelefoonverbindingen met centraal opgestelde band-o-theken, het gewenste thuisbezorgd kan krijgen. Natuurlijk zal dit 'krijgen' moeten worden gecompenseerd door een automatische geldoverschrijving ter compensering van gemaakte kosten in de ruimste betekenis van het woord.

Hiermee samenhangend kan de vraag worden gesteld of de omroep als zodanig nog die betekenis behoudt, die hem heden wordt toegekend; stellig zal het wonder van 1919 zijn attractie blijven behouden voor actuele, culturele, educatieve en propagandistische doeleinden, waarbij de teleradio meer kansen biedt dan televisie.

Ook voor satellietomroep moeten het deze onderwerpen zijn die het programma gestalte geven, waardoor het ook voor televisie absoluut noodzakelijk zal zijn de juiste taal te bezigen voor het beoogde doel.

Hierbij zouden systemen zoals 'sound-in-sync' en multiplex systemen op één of meer geluiddraaggolven geschikte diensten kunnen bewijzen. Ook de overdracht van gedrukte tekst kan een zeer gangbare dienstverlening worden, waarvoor slechts een concurrerende en politiek aannemelijke technologie behoeft te worden ingevoerd.

Met aan telex verwante technieken is het ook mogelijk de zo bekende *ondertitels* uit het beeld te verplaatsen naar een afzonderlijke titelstrip, waardoor beeldbeschadiging wordt voorkomen en bovendien de kijker de keuze wordt gelaten hiervan wel of geen gebruik te maken. Aangezien de letterinformatie en de snelheid van de overdracht een geringe bandbreedte vereisen, is het mogelijk deze *in* het geluidkanaal op te nemen; zelfs kan men met een additioneel geluidkanaal 100 verschillende telex-talen onderbrengen, voorwaar een 'mer-à-boire'! Voorwaarde is echter dat de industrie in staat is hiervoor een display-unit met bijv. *GaAs*-fosforen te produceren.

Ontwikkelingen op het gebied van de *stereoscopie* duiden erop, dat men zelfs niet terugschrikt voor een volledige tweede T.V.-beeldbuis waarop in plaats van een beeld voor het opwekken van een ruimte-impressie ook een grote hoeveelheid geschreven tekst zichtbaar kan worden gemaakt.

Op het gebied van de studiotechniek is er een ware koude oorlog aan de gang met betrekking tot 'recording': electronic video recording (E.V.R.), selecta-vision systemen, waarbij met behulp van de holografie bewegingsonregelmatigheden van de film worden geëlimineerd, de vertrouwde 8 mm film in superformaat en de magnetische beeldband strijden een veldslag op leven en dood.

De T.V.-studio-decortechniek ondergaat ingrijpende wijzigingen door toepassing van de zgn. Chroma-key techniek. Een overmatig belichte egale blauwe achterwand maakt het mogelijk iedere andere achtergrond afkomstig van een separate foto of film, feilloos in te voegen in het totale beeld, zodat de decorbouw aanzienlijk zal kunnen worden vereenvoudigd.

In deze veelheid van ontwikkelingsmogelijkheden is het uiterst gevaarlijk grote investeringen, welke immers lange tijd vergen, in een zeer bepaalde richting te beginnen, omdat ten tijde van de aanvang van de exploitatie een andere ontwikkeling de vorige kan hebben achterhaald. Anderzijds leidt lang afwachten tot economische stilstand met alle schadelijke gevolgen van dien.

Het in stand houden van teleradio en televisie is daarom ook zo belangrijk, omdat het de mens daarmede gegeven is naar anderen, ver buiten zijn eigen gezichtskring, te luisteren en daardoor tot een meer objectieve beoordeling te kunnen komen. Laten wij ervoor waken dat niet zoveel wordt omgeroepen dat dit technische belemmeringen oproept, en er door gebrek aan luisteraars het beeld zou ontstaan van een roepende in de woestijn!

Over het Technisch Wetenschappelijk Onderwijs

Design and calculation methods in line transmission
Thesis dr. ir. A. P. Bolle

In his thesis to obtain the doctor's degree in the technical sciences – defended at the Delft University of Technology on 18 November 1970 – dr. ir. Bolle gives a review of the design of system components, system calculations and considerations concerning the choice of a system in which cables are used for transmission.

In cable circuits system-components like amplifiers, modulators, etc. are needed. Among other subjects a theoretical discussion is given on the behaviour of parameters in video-amplifiers, the stability of negistors and the central regulator for all the amplifiers in a cable section.

Special attention is given to cross-modulation, that sets a limit to the gain obtainable in cable amplifiers, and that therefore determines the optimum cable length depending on amplifier output signallevel and amplifier input noiselevel. The transmission requirements for wide-band cable television-transmission are discussed and a comparison is made between HF wire television systems and VHF communal aerial systems for television distribution by cable. Finally is explained on which considerations a choice has been made in favour of the communal aerial systems.

Korte technische berichten

16-stage digital laserbeam deflector

In the course of research on digital light deflection systems a 16-stage deflector was successfully tested and demonstrated in the 'Philips Forschungslaboratorium' in Hamburg.

In the digital lightbeam deflector Kerr-cells and double refracting Calcite prisms are applied to direct the beam.

Dr. U. J. Schmidt and W. Thust, of the 'Forschungslaboratorium' built an experimental 16-stage deflector within a lattice of 65,536 positions, each of which partially overlap the neighbouring positions. The scanning of the grid can be done in a random sequence at a repetition frequency of 250 kHz. The time required to switch the beam from one position to another is less than 0.2 μs. At this moment the loss in light intensity measures about 10% at a wavelength of 632.8 nm.

Optical reading of the picture obtained with large-size screen-projection is possible in daylight for low-level laser-power. Fig. 1 (zie blz. ET 30) shows symbols displayed according to the random-access method.

Possible applications are for instance:
- optical storing of data (at a potential density of 10^6 … 10^7 bits/cm^2);
- microfilm printing at high speed;
- large-size screenprojection in daylight;
- optical radar and communication.

Press release – Philips research.

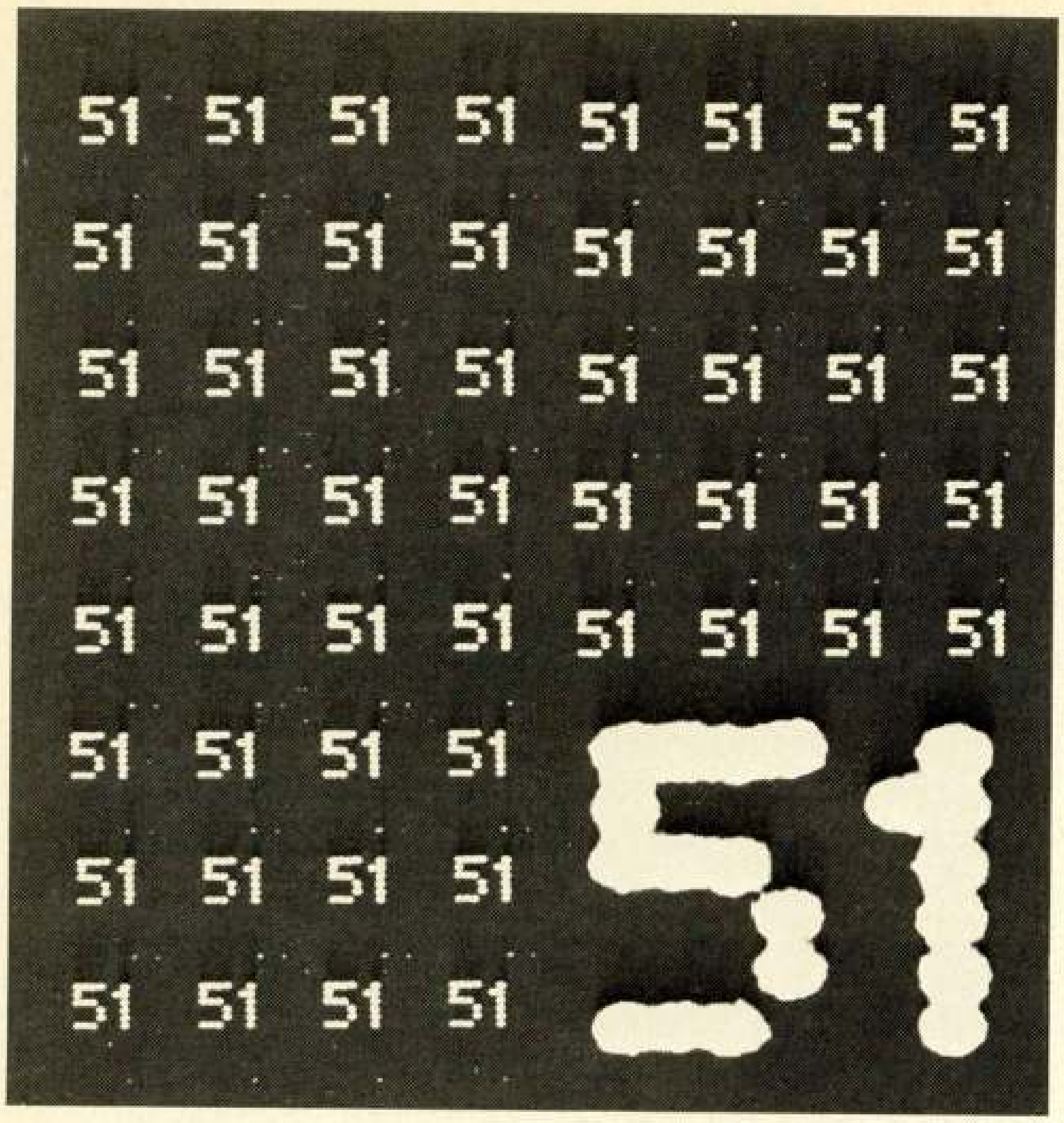


Fig. 1. Display of symbols by a random-access method. Inserted in the lower right-hand corner the display in detail is shown of number 51.

Boekennieuws

U. ZELBSTEIN: **Mesures Electroniques,** Ondertiteling: 'Au Laboratoire et dans l'Industrie: – Physique des capteurs – Circuits associés', 334 blz., 298 fig., Dunod – Editeur – Paris, 1968. Prijs 88 F.

Het onderwerp is zo veelomvattend, dat het onmogelijk volledig behandeld kan worden in een boek van deze omvang. De schrijver heeft zich dan ook moeten beperken, zowel in de keuze van onderwerpen, als in de diepte van de behandeling. In het eerste gedeelte van het boek, dat een overzicht geeft van de instrumentele elektronica, is hij daarin niet geslaagd. In 120 pagina's tracht hij na de meest voorkomende fundamentele elektronische meetschakelingen, bovendien registratie- en aanwijsapparatuur, en telemetrie te behandelen. Het aantal onderwerpen is hier te groot, en de behandeling blijft daarom zeer oppervlakkig. Aan essentiële moeilijkheden en oplossingen komt de behandeling niet toe, zodat de tekst slechts kan dienen voor het geven van een overzicht van deze gebieden.

In het tweede gedeelte van het boek worden een aantal opnemers behandeld. Op deze ongeveer 200 pagina's heeft de schrijver zich in zijn keuze beperkt, waardoor de afzonderlijke onderwerpen veel beter behandeld worden. De keuze van de opnemers gaat in de richting van de metingen aan mechanische constructies. Elk hoofdstuk begint met een fysische inleiding over het effect, dat in de opnemer gebruikt wordt. Dan volgt een discussie van diverse uitvoeringsvormen, waarna tenslotte een aantal elektronische meetschakelingen met hun voordelen en nadelen worden behandeld. Achtereenvolgens komen aan de beurt: magnetoresistieve, piëzoelektrische, resistieve, capacitieve inductieve, thermo-elektrische en foto-elektrische omzetters. Dit tweede deel is m.i. het beste gedeelte van het boek. Het geeft een nuttige en goed leesbare beschrijving van de meest gangbare methoden op dit gebied, en is voldoende volledig.

Tenslotte valt in deze Franse tekst op, dat de notatie afwijkend is van de gebruikelijke, doch wel consequent werd gebruikt. De gegeven voorbeelden van bestaande opnemers en meetapparaten betreffen vrijwel uitsluitend Franse, en zeker niet altijd de meest bekende fabrikaten.

In zijn geheel is het boek een goed bruikbare, doch niet geheel volledige beschrijving van de fysische grondslagen van de werktuigbouwkundige meettechniek.

Ir. C. H. Loos.

Uit het NERG

Administratie van het NERG: Postbus 39, Leidschendam. Giro 94746 t.n.v. penningmeester NERG, Leidschendam. Secretariaat van de Examencommissie-NERG: von Geusaustraat 151, Voorburg.

Uitbreiding Redactiecommissie

Ten einde de contacten met het Hoger Onderwijs te intensiveren werd ir. M. Steffelaar uitgenodigd tot de redactiecommissie Elektronica en Telecommunicatie toe te treden. De heer Steffelaar heeft deze uitnodiging aangenomen.

Redactie.

Ledenmutaties

Voorgestelde leden

Ir. F. P. van Enk, Eikenlaan 53, Soest.
Ir. W. H. M. Deckers, Colijnstraat 23, Son,N.B.
Ir. M. A. Deurwaarder, Papsouwselaan 300, Delft.
Ir. E. G. F. M. Ivens, Kastanjelaan 99, Mariënvelde.
Ir. L. P. de Jong, Walenburgerweg 44 B, Rotterdam.
Ir. P. F. A. M. Otten, Th. à Kempislaan 3, Eindhoven.
J. F. H. Pacanda, Boslaan 83, Veenendaal.
Ir. G. A. Schwippert, Dreeslaan 2, Pijnacker.
Ir. Th. H. Smakman, Venuslaan 31, Breughel, post Son,N.B.
G. J. van Velzen, Reuvenslaan 51, Voorburg,Z.H.

Nieuwe adressen van leden

Ir. L. G. Drenthen, Bilderdijklaan 1, Uithoorn.
Ir. J. A. W. Gelens, Kievitstraat 40, Boskoop.
Ir. P. Oosterom, Einsteinlaan 29, Pijnacker.
P. van Prooijen, Ing., Venuslaan 40, Nieuw Lekkerland.
Ir. S. W. J. Serlé, Postbus 391, Delft.
Ir. E. Th. Simon, Hieronymus Boschstraat 12, Hazerswoude – Dorp.
P. Vijzelaar, Van Ostadelaan 7, Hilversum.